



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Tesina para optar al Título de

INGENIERO CIVIL

“Diseño de la estructura de pavimento con adoquín.

**Tramo salida Achuapa-Cementerio Campos de Paz, Municipio de Estelí, por
medio del método AASHTO 93.”**

Presentada Por:

Br. Nahúm Alfonso Sobalvarro Molina.

Br. Zildgean Skarleth Rodríguez Aguilar.

Tutor / Asesor

Msc. Ing. José Fernando Bustamante

Managua, Nicaragua.

Mayo del 2012

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a Dios, por haber estado en nuestras vidas en todo momento y por habernos brindado la dicha de la salud, bienestar físico y espiritual para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres, hermanos, hermanas, esposo e hijo y familiares por su esfuerzo, amor y apoyo incondicional, durante nuestra formación tanto personal como profesional. Por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que nos han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

A nuestros docentes, por brindarnos su guía y sabiduría. Por impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional, en especial al Ing. José Fernando Bustamante, por haber guiado el desarrollo de este trabajo.

Zildgean Rodríguez Aguilar

Nahum Sobalvarro Molina

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su bondad, por darnos tanta fuerza y coraje para hacer este sueño realidad.

A nuestros padres por enseñarnos todo el valor de la educación, que dentro de sus preocupaciones nos dieron la posibilidad de brillar.

A mi esposo e hijo por su paciencia y apoyo incondicional, por el tiempo sacrificado de nuestra familia y por creer en mi. (ZR).

Al Licenciado Pedro René Brenes, Ingeniero Luis M. Dicovski y los Ingenieros José Fernando Bustamante, Jimmy Sierra Mercado, por su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas que han sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesina, sino también en nuestra formación como Ingenieros.

A todos nuestros familiares y amigos que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindado su apoyo incondicional.

Todo esto nunca hubiera sido posible sin el amparo incondicional de nuestras familias, padres, hermanos, amigos, compañeros y sin el estímulo de nuestros maestros. Esto es también es su triunfo.

Zildgean Rodríguez Aguilar

Nahum Sobalvarro Molina

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1 Introducción.....	1
1.2 Ubicación y Localización.....	3
1.2.1 Macro localización.....	3
1.2.2 Micro localización.....	4
1.3 Antecedentes.....	5
1.4 Justificación.....	6
1.5 Objetivos.....	7
1.5.1 Objetivo General.....	7
1.5.2 Objetivo Específico.....	7

CAPÍTULO 2: ESTUDIOS DE SUELOS

2.1 Sondeos sobre la vía.....	8
2.2 Sondeos de los bancos de materiales.....	8
2.3 Trabajos de laboratorios.....	9
2.3.1 Resultados de los ensayos de laboratorios	10
2.3.2 Análisis granulométrico.....	10
2.3.3 Determinación de los límites de consistencia.....	10
2.3.4 Clasificación de los suelos.....	11
2.3.5 Ensayo de Proctor Estándar.....	12
2.3.6 Ensayo de Proctor Modificado.....	12
2.3.7 Ensayo CBR.....	13

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1 Recopilación de datos.....	18
3.1.1 Clasificación de vehículos.....	18
3.1.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.....	19
3.2 Procesamiento de la información.....	19
3.2.1 Proyección del tránsito.....	20
3.3 Análisis de la información.....	22
3.3.1 Producto Interno Bruto.....	23
3.3.2 Tasa de Crecimiento Poblacional.....	25
3.3.3 Historial de Tránsito de la Zona.....	26
3.3.4 Clasificación de la vía.....	27
3.3.5 Período de Diseño.....	28
3.3.6 Tránsito de diseño.....	28

3.3.7 Tránsito Inicial en el año 0.....	29
3.3.8 Factor de crecimiento.....	29
3.3.9 Factor de Distribución Direccional.....	30
3.3.10 Factor carril.....	31
3.3.11 Tránsito en el año n.....	31
3.3.12 Número de año en el periodo de diseño...	31
 CAPÍTULO 4: <i>DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</i>	
4.1 Índice de serviciabilidad.....	32
4.2 Pérdida de serviciabilidad.....	32
4.3 Análisis de cargas y ejes equivalente para el diseño de pavimento.....	33
4.4 Confiabilidad.....	35
4.5 Desviación Estándar.....	36
4.6 Coeficiente de drenaje.....	37
4.7 Módulo Resiliente.....	38
4.8 Coeficientes estructurales o de capas.....	38
 CAPÍTULO 5: <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	
5.1 Conclusiones.....	43
5.2 Recomendaciones.....	44
5.3 Bibliografía.....	46
 CAPÍTULO 6: <i>ANEXO</i>	
6.1 Anexos.....	45

Resumen Ejecutivo

Las vías, (carreteras) son elementos esenciales para generar el flujo de bienes y servicios que promueven el desarrollo económico, la salud pública y la educación así como una ayuda en la administración del uso del suelo y de los recursos naturales.

La red vial de la ciudad de Estelí está conformada por 169.84 km lineales de calles y avenidas. Según su estado físico el 20.3% está en buen estado, 78.5% en regular estado y 1.2% en mal estado. El material de rodamiento se caracteriza por ser 44% de asfalto y adoquín, localizadas principalmente en las vías principales.¹

Las vías principales tienen una longitud de 8.2 km. que representa el 7.1% de la red vial, las vías secundarias abarcan 17.4 km. con 15.5%. El resto de las vías se han jerarquizado como calles y avenidas peatonales y tienen una longitud de 84.5 km. siendo el 73.1% del total de las vías.

La presente tesina tiene como objetivo: diseñar la estructura de pavimento con adoquín del tramo de tres kilómetros, ubicado en la salida Achupapa-Cementerio Campos de Paz, en el municipio de Estelí por medio del método AASHTO 93.

Para lo antes descrito, se analizarán los estudios de suelo de cinco muestras tomadas a lo largo de la vía en estudio y cinco bancos de materiales así como el estudio de tránsito y calcular los espesores de la estructura de pavimento con carpeta de rodamiento de adoquín, mediante el método de la AASHTO-93 utilizando el programa: Pavement Analysis Software versión 3.3.

¹ PLAN DE DESARROLLO URBANO DE LA CIUDAD DE ESTELÍ

El trabajo se desarrolla en cinco capítulos los cuales abordan:

CAPITULO 1: Generalidades. Se describen aspectos básicos del proyecto tales como introducción, ubicación del municipio, antecedentes, justificación y objetivos.

CAPITULO 2: Análisis de estudio de suelos. Se examinan para conocer las características físico-mecánicas del suelo para la determinación de su utilidad en la vía como base, subbase y subrasante, el mismo incluyen las muestras sobre la vía y los bancos de materiales. En estos se identifica: granulometría, índice de plasticidad, límite líquido, pesos unitarios, ensayo Proctor Estándar, ensayo Proctor modificado y ensayo CBR.

CAPITULO 3: Análisis estudio de tránsito. Necesario para determinar el número ESALs, describe la recopilación de datos, clasificación de vehículos, clasificación del tipo de vehículo de acuerdo con la disposición de sus ejes, procesamiento de la información, proyección del tránsito, tasas de crecimiento, periodo de diseño, proyección del tránsito, tránsito Inicial en el año 0, factor de crecimiento, factor de distribución direccional, factor carril, tránsito en el año n y número de año en el periodo de diseño.

CAPITULO 4: Diseño de estructura de pavimento. Se realiza por medio de la AASTHO-93 utilizando el programa de computación Pavement Analysis Software versión 3.3, aplica las siguientes variables: índice de serviciabilidad, pérdida de serviciabilidad, análisis de cargas y ejes equivalente para el diseño de pavimento, confiabilidad, desviación estándar, coeficiente de drenaje, módulo resiliente y coeficientes estructurales o de capas.

CAPITULO 5: Conclusiones y Recomendaciones. Producto del presente trabajo con el objetivo que sea de utilidad para la construcción del tramo en estudio.

CAPÍTULO 6: Anexos. Se complementa toda la información utilizada en el desarrollo del proyecto.

A 3D isometric grid of white cubes, with one cube in the center foreground highlighted in orange. The text is overlaid on this grid.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

El Municipio de Estelí está ubicado en la región central-norte de Nicaragua y es uno de los seis municipios del departamento del mismo nombre, a la vez que es su cabecera departamental. Es el principal centro de comercio y servicios de la región segoviana.

Se comunica con todo el país a través de la Carretera Panamericana y está a 145 kilómetros al norte de la Ciudad de Managua; además, de este surgen caminos de todo tiempo hacia los municipios vecinos de La Concordia, San Sebastián de Yalí, Achuapa, San Juan de Limay y San Nicolás.

Su posición, lo potencializa como principal centro de prestación de servicios y de desarrollo de actividades comerciales del norte del país.

Estelí, ha experimentado un crecimiento muy alto en los últimos diez años, fenómeno que ha debilitado las capacidades municipales las que no son suficientes para satisfacer las demandas cada vez mas crecientes de los pobladores de los nuevos asentamientos, que requieren de los servicios básicos de agua, energía eléctrica, servicio sanitario, apertura y conformación de calles, entre otros.

La mayoría de los nuevos asentamientos surgidos en los últimos diez años, se ubicaron en áreas no contempladas para la expansión urbana, según el plan de desarrollo urbano de 1994 de la Alcaldía Municipal de Estelí, lo que incide directamente de manera negativa en la apertura y conformación de calles.

Este problema se agrava aún más cuando llega la época lluviosa en el tramo salida Achuapa-Cementerio Campos de Paz (longitud de 3 km), donde muchas viviendas e industrias del sector se ven afectadas por la falta de calles que cuenten con condiciones adecuadas, incluyendo la falta de drenaje pluvial lo que provoca graves inundaciones.

Se prevé que la vía en estudio recibe un tránsito medio por ser una zona industrial. Además un caudal considerable de las aguas pluviales provenientes de las partes altas de la ciudad, que las conduce a buscar desagües de pendiente natural.

La alternativa de solución que se plantea para el tramo salida Achuapa-Cementerio Campos de paz, es un pavimento de adoquín, la cual se considera viable por su fácil colocación y que no necesita de mano de obra especializada logrando economía en tiempo, equipos, materiales, costos financieros y sociales.

1.2 Ubicación y Localización

La vía en estudio se encuentra en las Segovias, departamento y municipio de Estelí, en el distrito III de esta ciudad; la cual tiene una longitud de 3 kilómetros.

1.2.1 Macro localización.

Figura N° 1: Mapa de División Política-Nicaragua, Municipio de Estelí.



Fuente: Instituto Nacional de Turismo. (INTUR)

1.3 Antecedentes

Según el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), la red vial de Nicaragua tiene aproximadamente 17,490.2 km, de los cuales actualmente no tiene un estándar de seguridad vial adecuada, debido al rápido crecimiento de la flota vehicular y la mezcla del tráfico entre vehículos, peatones y animales.

Desde el punto de vista del estado funcional, la red vial se puede clasificar de regular, pero estructuralmente se encuentra en mal estado por falta de mantenimiento en su mayor parte, de la cual sin duda Estelí comparte las mismas características.

El proceso de urbanización que ha experimentado esta ciudad en las últimas décadas ha demandado espacio físico para su crecimiento y el mejoramiento de la infraestructura vial.

En años anteriores la alcaldía municipal, ha hecho grandes esfuerzos por mejorar las condiciones del tramo en estudio, invirtiendo en el mantenimiento, no así en las condiciones básicas que debe cumplir su estructura de pavimento.

El tramo salida Achuapa-Cementerio Campos de Paz, se ha convertido en un sitio de mucha importancia para la economía de la ciudad por diferentes razones. Una de las principales es que en dicha zona se encuentran industrias de tabaco, las más grandes del país, la conexión a la carretera panamericana, entre otros.

Esto no ha sido suficiente para que las autoridades presten real importancia a la problemática que viven cada invierno los usuarios del tramo. El tramo actualmente esta revestido con material selecto, las condiciones son desfavorables debido a la presencia de baches y de inmensas charcas que se forman en periodo de invierno así como la falta de diseño y construcción de obras de drenaje de la carretera, que han provocado desgastes en la capa de rodadura resultado de la erosión del árido.

1.4 Justificación.

Es necesario, para garantizar el desarrollo de la ciudad de Estelí, construir y mantener una red vial en óptimas condiciones. Por esto debe ser una prioridad el conservar las vías en buen estado.

Los usuarios del tramo salida Achuapa-Cementerio Campos de Paz se ven afectados por las calles que se encuentran en mal estado. En este proyecto, se pretende diseñar una estructura de pavimento con adoquín en un tramo de 3 kilómetros.

El diseño de la vía en estudio, permitirá mejorar las condiciones de accesibilidad (a viviendas y centros de trabajo), higiénico-sanitarias, aumentar el nivel de la calidad de vida para los pobladores. Se reducirán los tiempos de viajes, dándoles mayor seguridad y comodidad a los usuarios de la vía. Con este proyecto se busca eliminar los baches y charcas que provocan las enfermedades respiratorias y dermatológicas de la población.

Esta vía es la que funciona como ruta alterna para los pobladores de la ciudad y el tránsito que la utiliza en caso de fallas en el puente Las Chanías, localizado en el kilometro 150 de la carretera panamericana Managua-Estelí.

Con este proyecto, se mejorará la imagen de la zona, que vendrá a beneficiar el sector turístico así como promover el desarrollo económico a los pobladores, ganaderos, comerciantes, empresarios a través de la facilitación de la actividad ganadera muy conocida en esta región. También se incrementarán las actividades socio-económicas, por la integración e interrelación entre los municipios de Estelí, Achuapa y el Sauce, con el resto de los municipios del norte de nuestro país.

1.5Objetivos

1.5.1- Objetivo General.

- ✓ Diseñar la estructura de pavimento con adoquín del tramo salida Achuapa-Cementerio Campos de Paz, por medio del método AASHTO 93.

1.5.2- Objetivos Específicos.

- ✓ Analizar los resultados de los análisis de suelos sobre la línea y de los bancos de materiales para determinar sus características físicas y mecánicas.
- ✓ Analizar el tránsito del tramo en estudio para determinar el ESALs de diseño.
- ✓ Calcular los espesores de la estructura de pavimento con carpeta de rodamiento de adoquín, mediante el método de la AASHTO-93 utilizando el programa: Pavement Analysis Software versión 3.3

The background of the slide is an abstract pattern of white, three-dimensional rectangular blocks or cubes arranged in a grid-like fashion, receding into the distance. One cube, located slightly to the left of the center, is highlighted in a bright orange color, standing out from the white ones.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE SUELOS

Dentro de las consideraciones indispensables que se deben tomar en cuenta para el diseño de pavimentos se encuentra el analizar las características físico-mecánicas del suelo donde será construida la estructura de pavimento.

Para conocer estas propiedades se necesita un muestreo muy amplio que abarque toda la traza, del proyecto. Además de localizar los bancos de materiales para préstamos.

Se aplicaron pruebas para determinar el valor soporte sobre la línea y además su volumen razonable y explotable de los suelos, así como para establecer en caso de que la calidad no cumpliera con la requerida, su mejoramiento.

2.1 Sondeos sobre la vía.

Según los informes del Laboratorio de Suelos Ingenieros Consultores y Planificadores, CORASCO, en la recolección de muestras se realizaron 29 sondeos manuales a profundidades de 1.5 m, alternados a uno y otro lado de la vía a una distancia de 100 m. cada uno y distribuidos a lo largo de los 3 km de la misma. El equipo que se utilizó para realizar este proceso fueron:

- Palín doble.
- Poteadora.
- Pala simple redonda.

En todos los sondeos realizados se tomaron muestras alteradas de los estratos de suelos encontrados para ser ensayados posteriormente, con el fin de conocer sus características físico-mecánicas para determinar si pueden ser utilizados en la estructura de pavimentos a diseñar, así como los espesores de la misma.

2.2 Sondeos de los bancos de materiales.

Según el reporte del Laboratorio de Suelos Ingenieros Consultores y Planificadores, CORASCO, primero se realizó un reconocimiento en la zona

tomando en cuenta los siguientes factores: facilidad de acceso, característica geotécnica por análisis visual y la distancia hasta el sitio de la obra.

En los bancos de préstamos seleccionados se efectuaron sondeos de poso a cielo abierto (PCA), de 1.5m de largo y 1.5m de ancho por 3m de profundidad y se tomó una muestra de material por cada uno de los bancos. (Ver Tabla N° 9).

Para determinar los volúmenes de materiales disponibles con las características geotécnicas adecuadas, se realizaron los estudios de los bancos de materiales para establecer si pueden suplir las necesidades del proyecto en este aspecto.

2.3 Trabajos de laboratorios.

Una vez recolectadas y agrupadas las muestras, se aplicaron los ensayos de laboratorios para determinar las características de los suelos, aplicándose las normas ASTM y la AASHTO presentados a continuación.

Tabla N° 1: Ensayos de laboratorios

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Granulometría de los suelos	D – 422	T – 2788
Límite Líquido de los suelos	D – 423	T – 8990 y 9087
Índice de Plasticidad de los suelos	D – 424	T – 9097
Pesos Unitarios		T – 1988
Ensayo Proctor Estándar	D – 698 – 91	T – 9990
Ensayo Proctor Modificado	D – 1557 – 91	T – 180 – 90
Ensayo CBR.	D – 1883 – 73	T – 193 – 81

Fuente: AASHTO, Tercero Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

2.3.1 Resultados de los ensayos de laboratorios.

Las muestras obtenidas sobre la línea que presentan las mismas características físicas (color, tamaño, etc.) se agruparon con el objetivo de simplificar la cantidad de ensayos a realizarse obteniendo 5 grupos o muestras. Teniendo en cuenta la naturaleza de los bancos de materiales que mostraron diferentes características, se sometieron a pruebas en forma independiente.

2.3.2 Análisis granulométrico.

Una vez agrupadas las muestras, se realizó el análisis granulométrico para determinar su clasificación y calidad del material. Teniendo los resultados del ensayo, se realizó la curva granulométrica demostrando el comportamiento del suelo. (Ver Anexos del Capítulo I del N°1 a N° 25).

Tabla N° 2: Resumen de análisis granulométrico de los sondeos de línea.

Tamiz No.	Tamiz No. (mm)	%QUE PASA POR EL TAMIZ				
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
1 ½"	38.1	100	100	100	100	100
1 "	25.4	100	100	90.17	99.14	100
0.75	19.1	94.148	100	81.251	90.401	100
0.5	12.7	80.916	98.255	67.46	74.947	100
0.375	9.52	71.614	97.673	54.99	63.991	100
No.4	4.76	57.55	74.998	35.171	44.199	89.51
10	2	50.645	70.318	27.756	34.545	88.471
40	0.42	40.838	61.498	21.171	22.911	85.356
200	0.074	30.202	57.028	16.359	16.157	81.703

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3 Determinación de los límites de consistencia.

Para la correcta caracterización del suelo, además del análisis granulométrico, se debe realizar el ensayo de Atterberg para estudiar las características de los granos de menor tamaño no considerados en el análisis mecánico de los suelos. (Ver Anexo del Capítulo II del N° 26 a N° 31)

Tabla N° 3: Límites de consistencia

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
Muestra 1*	26	21	5
Muestra 2*	43	31	13
Muestra 3*	25	20	5
Muestra 4*	28	22	7
Muestra 5*	49	34	16
Banco N° 1: Los Jobos**	-	-	NP
Banco N° 2: Los Chilamates**	-	-	NP
Banco N° 3: Villa Esperanza**	-	-	NP
Banco N° 4: San Roque*	-	-	NP
Banco N° 5: Héctor Tórrez*	33	27	6

Fuente: *Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

**Laboratorio de materiales y suelos. Ingeniería de materiales y suelos. IMS.

2.3.4 Clasificación de los suelos.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y Unified Soil Classification System, conocido como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).² (Ver Anexos Capítulo II del N° 32 a N°33)

De acuerdo a los resultados obtenidos de la granulometría de los suelos estudiados, presentan propiedades que a continuación se detallan. (Ver Anexos del Capítulo II N° 34).

²Ingeniería de pavimentos para carreteras. Ing. Alfonso Montejó Fonseca. Segunda Edición. Año 2001. Página 45.



Tabla N° 4: Clasificación de los suelos.

Muestra	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
Muestra 1	SC – SM	A – 2 – 4
Muestra 2	OL	A – 7 – 5
Muestra 3	GC – GM	A – 1 – b
Muestra 4	GC – GM	A – 2 – 4
Muestra 5	SM	A – 7 – 5

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

2.3.5 Ensayo de Proctor Estándar.

La relación entre humedad y densidad para un suelo compactado juega un papel muy importante en las propiedades del mismo, especialmente en cuanto a su resistencia y deformabilidad. Así que el ensayo de Proctor Estándar permite determinar la humedad óptima, es decir la humedad a la que el suelo alcanza su densidad máxima y por lo tanto presenta sus mejores propiedades mecánicas.

El valor de esta humedad óptima depende de la energía de compactación brindada al suelo, y en caso de incrementarse ésta, la humedad óptima será menor y la densidad seca máxima mayor.

Según los laboratorios de suelos, CORASCO, este ensayo se practicó únicamente al grupo N° 5, ya que es un grupo donde hay arcillas. Este grupo representa el suelo que constituirá la subrasante de este trayecto. Se tomaron 5 puntos con diferentes grados de humedad. Los datos recolectados se utilizaron para la elaboración de la gráfica de Humedad – Densidad. (Ver Anexos del Capítulo II N° 45).

2.3.6 Ensayo de Proctor Modificado.

En esta prueba de laboratorio se determina la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo. Este ensayo se aplicó a los

bancos de materiales de San Roque y Héctor Tórrez, realizando cuatro determinaciones con diferentes grados de humedad y luego realizar la gráfica de Humedad – Densidad seca. (Ver Anexos del Capítulo I del N° 35 y N° 44).

2.3.7 Ensayo CBR

Con este ensayo se determinó la capacidad de soporte de los suelos, bajo condiciones de humedad y densidad controlada. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

Para encontrar los valores de los CBR de diseño de los diferentes tipos de suelos localizados en la línea que servirán como subrasante, se realizó el procedimiento propuesto por el Instituto del Asfalto.

De acuerdo a la tabla de relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores del CBR, se eligieron los valores promedios presentados a continuación:

Tabla N° 5: Límites de resistencia

Muestra	Tipo de Suelo	Valor CBR
Muestra 2, Muestra 5	OL	6
Muestra 1	SC	15
Muestra 3, Muestra 4	GC	30

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

Según el criterio más difundido para la determinación del valor de la resistencia del diseño (CBR de diseño para la subrasante propuesto por el Instituto del Asfalto), recomienda utilizar un valor total percentil de acuerdo al tránsito que se espera circule por la vía, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 6: Límites de selección de resistencia.

N° de ejes de 8.2 toneladas en el carril de Diseño (N)	Percentil a seleccionar para encontrar la resistencia
$< 10^4$	60%
$10^4 - 10^6$	75%
$> 10^6$	87.5%

Fuente: Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejo. Segunda Edición 2001. Página 68.

Para este estudio en particular el valor del ESALs de 393,105 (calculado en el siguiente capítulo) por lo tanto el valor del percentil a utilizar es de 75%.

Se ordenan los valores de CBR de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno. A continuación se presentan los datos a utilizar:

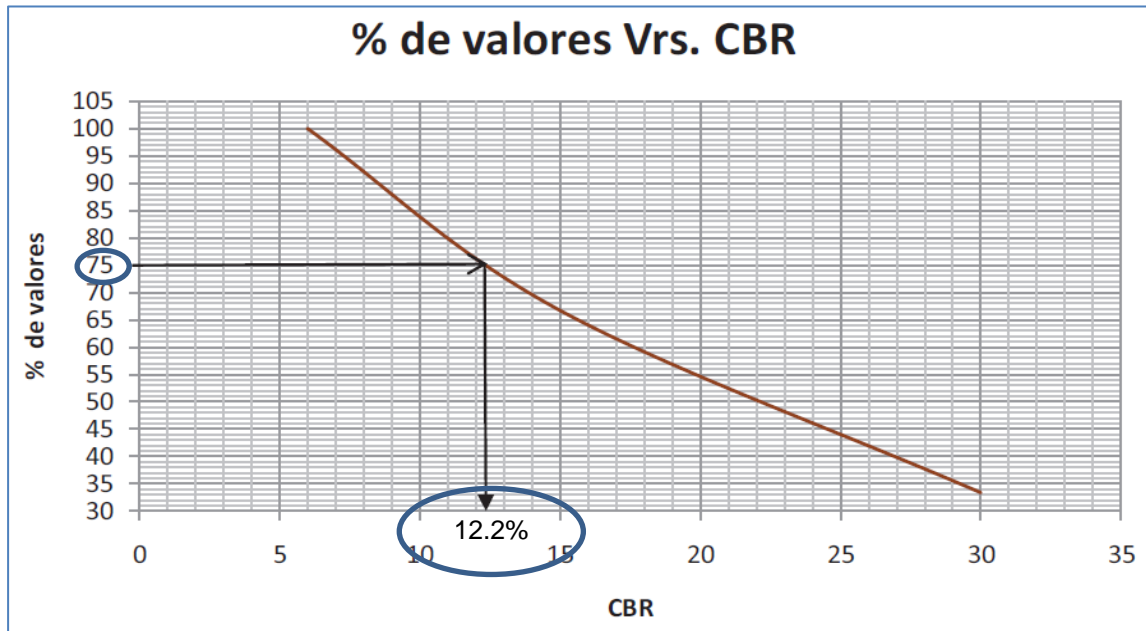
Tabla N°7: Cálculos para elaboración de gráfico N° 1

CBR	Número de Valores Iguales o Mayores	% de Valores Iguales o Mayores
6	3	$3/3 * 100 = 100$
15	2	$2/3 * 100 = 66.67$
30	1	$1/3 * 100 = 33.33$

Fuente: Libro de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejo. Segunda Edición. Año 2001. Página 70.

Con los valores obtenidos del CBR y los 3 de valores, se realizó la siguiente gráfica donde se determinó el CBR para la subrasante.

Gráfico N° 1: Porcentajes de CBR vs Porcentajes de valores



Fuente: Libro de Pavimentos para Carreteras. Fonseca Montejo. Segunda Edición. Año 2001. Página 71.

Al trazar la tangente sobre el valor percentil de 75% obtenemos el CBR de diseño para la subrasante igual a 12.2%.

El resultado de los valores de CBR de línea y de los bancos de materiales se muestra a continuación:

Tabla N° 8: Resultados Obtenidos de los Bancos de Materiales.

BANCO	UBICACIÓN	% QUE PASA POR LA MALLA					LL	LP	CBR A COMPACTACION			VOLUMEN EXPLOTABLE m
		2"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			90	95	100	
1	Del Hospital	100	80	65	37	25		NP	36	48	60	18,000
	San Juan de	100	85	60	35	23		NP				
	Dios 1.5 km	100	84	65	36	25		NP				
	al suroeste.	100	87	68	37	24		NP				
		100	82	66	37	25		NP				
2	Texaco 4	100	90	71	43	21		NP	34	45	57	120,000
	km. al norte.	100	90	72	44	23		NP				
	Carretera	100	92	73	43	22		NP				
	Panamericana.	100	89	70	45	24		NP				
3	Hogar	100	85	72	43	15		NP	35	49	62	21,000
	Chavalito 5	100	87	74	48	14		NP				
	cuadras al	100	85	71	43	15		NP				
	este. Estelí	100	86	72	40	16		NP				
4*	Salida San	100	40.124	27.258	11.689	6.292		NP	37	69	100	38,000
	Roque 1.5											
	km al											
	noroeste.											
5*	Monumento	100	17.13	14.372	11.344	9.124	33	27	40	73	100	24,000
	el											
	Centenario 5											
	km al este.											
	Carretera a											

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

4* y 5*: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

Ver Anexos del Capítulo II del N° 48 a N° 50

Según la sección 1003.23 – II de la NIC-2000, los bancos de materiales descritos anteriormente no cumplen como materiales óptimos para ser utilizados en base y subbase.

El material necesario para estas capas se extraerá únicamente del banco de préstamo N°4 “San Roque” con un CBR de diseño de 69% para material de base, razón por la cual no se propone subbase.

Debido a que este banco (N° 4) no cumple con la norma mínima de 80% de CBR establecida por la AASHTO, se recomienda estabilizar el material con cemento.

Tabla N° 9: Resultado de pruebas de resistencia.

Banco N°4	Nombre del Banco	Dosificación de Cemento	
	San Roque	4%	5%
		257 PSI	347PSI
		18.11 Kg/cm ²	24.45 Kg/cm ²

Fuente: Laboratorio de Suelos ingenieros consultores y planificadores, Corasco

El CBR de diseño de la base estabilizado con cemento, obtendrá el 80% mínimo requerido que especifican las normas de la NIC-2000 sección 1003.23-II.d después del tratamiento del material con cemento, el cual deberá tener una resistencia última a la compresión de, por lo menos, 1800 KN/m², que equivale a 19 Kg/cm² medida después de 7 días.

The background of the slide is an abstract composition of numerous white, three-dimensional rectangular blocks or cubes. These blocks are arranged in a grid-like pattern that recedes into the distance, creating a strong sense of depth and perspective. The lighting is soft, casting subtle shadows that emphasize the three-dimensional nature of the blocks. In the center of the composition, one block stands out prominently, colored a vibrant orange. This orange block is slightly taller than the others and is positioned directly behind the subtitle text.

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO

El tránsito posiblemente es la variable más importante para el diseño de una vía, pues, si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento y de esta manera poder calcular los espesores de pavimento.

En el estudio de tránsito se realizaron tres etapas para su correcta elaboración:

- ✓ Recopilación de datos.
- ✓ Procesamiento de información.
- ✓ Análisis de la información obtenida.

3.1 Recopilación de datos.

En esta etapa se recopilaron los datos por medio de conteos vehiculares. Se eligió una estación ubicada frente a la Industria de Café El Indio. La recolección se realizó en un periodo de siete días durante doce horas, iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm, en los cuales se determinaron el tránsito promedio diario semanal, tipo de vehículos, numero, tipo y peso de los ejes.

El periodo para el conteo vehicular inició el día 20 hasta el día 26 de septiembre del año 2011. Este aforo vehicular lo realizaron estudiantes del cuarto año de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino.

3.1.1 Clasificación de vehículos.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país (Ver Anexos N° 1 del Capítulo III)

Vehículos de pasajeros. Son destinados al transporte público de pasajeros de dos, cuatro, seis y más ruedas, incluyen microbuses pequeños, microbuses medianos, buses medianos y grandes.

Vehículos de carga. Son aquellos vehículos que se utilizan para transporte de mercancías sea esta carga seca o líquida.

Equipo pesado. Son los vehículos de construcción y los agrícolas.

Otros. Son remolques o tráiler pequeño halado por cualquier automotor o por tracción animal.

3.1.2 Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura.²

Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles en este caso vigente (Ver Anexos del Capítulo III N° 2 y N° 3).

3.2 Procesamiento de la información.

Se procesaron los datos recolectados del aforo vehicular. Actividad que corresponde a los trabajos de gabinete, los cuales se ingresaron en hojas del programa Microsoft Excel. El conocimiento más exacto que se pueda obtener de este estudio es indispensable para la correcta elaboración de cálculos de espesores de pavimento de este tramo de vía.

²Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Alfonso Montejo Fonseca. Tercera Edición. Pág19.

3.2.1 Proyección del tránsito.

La práctica normal de las proyecciones del tránsito indica que para un proyecto de rehabilitación y mejoramiento, estas deben ser desarrolladas en base a estimaciones de viajes basadas en el uso futuro del suelo así como de factores socioeconómico tales como PIB (Producto Interno Bruto), el consumo de productos derivados del petróleo y el crecimiento poblacional.

Los conteos de campo levantados en el sitio son los factores de ajuste de la información obtenida para la posible estimación del tráfico para el cual se pretende diseñar y poder estimar las proyecciones del tránsito futuro, tomando en cuenta el historial del tráfico de la zona.

Para calcular el TPD se utiliza la siguiente ecuación:

$$TPD = \frac{\text{Acumuladodeconteovehicularportipodevehiculo}}{\text{Cantidaddedíasdelaforo}} \quad (\text{Ecuación N° 1})$$

TPD = Tránsito promedio diario.

RESUMEN DE AFORO VEHICULAR Y TRANSITO PROMEDIO DIARIO.

Tabla N° 10: Aforo Vehicular y cálculo del Tránsito Promedio Diario.

DIA	BISICLETA	MOTO	AUTOS	JEEP	Cam.	Mic. Bus < 15 pas	Mic. Bus 15-30 pas	Bus	Livianos 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	TX - SX ≤ 4 E	VA	TOTALES
1	2536	798	391	73	234	23	18	27	12	12	18	1	6	4150
2	2170	809	356	81	267	25	22	24	8	18	17	4	5	3808
3	1978	678	329	44	209	20	23	29	0	17	14	2	8	3354
4	2473	759	361	47	301	28	22	28	19	19	19	0	12	4092
5	2398	764	384	42	214	24	19	27	0	17	17	1	7	3919
6	643	302	49	39	64	13	12	4	0	5	13	0	3	1153
7	2522	761	408	68	293	28	22	19	11	14	11	1	0	4165
TOTAL	14720	4871	2278	394	1582	161	138	158	50	102	109	9	41	24613
TPD	2103	696	325	56	226	23	20	23	7	15	16	1	6	3510

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Análisis de la información

En vista que los datos recolectados son una muestra representativa de un periodo de una semana, se hace necesario estimar el TPDA. Para este propósito se utilizaron factores de ajustes diario, semanal y de temporada.

Estos factores permiten expandir el volumen del tránsito de la muestra del tramo de vía en estudio. Los factores son los siguientes:

Tabla N° 11: Factores de Ajustes de la Estación 142 del Tramo: Empalme San Nicolás – Estelí.

Camino:	NIC-1	Estación:	142	Tramo:	Emp. San Nicolas - Esteli			Periodo	L	Días:	3	Horas:	12	Mes/Año	mayo	2010	Km:	140.000		
Grupos	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehiculos de Carga								Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros			
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.						
	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18	19	21			
TP(D)	334	432	263	1075	28	3	177	285	169	28	0	214	0	0	1		10	3019		
Factor Dia	1.21	1.25	1.26	1.29	1.25	1.35	1.21	1.30	1.47	1.44	1.00	1.60	1.00	1.00	1.16	1.00	1.32			
Factor Semana	0.97	0.99	0.98	0.94	1.00	0.99	0.98	0.89	0.87	0.90	1.00	0.91	1.00	1.00	0.93	1.00	0.99			
Factor Expansión	0.93	0.97	0.92	0.98	0.93	1.14	0.97	0.99	1.10	1.01	1.00	1.05	1.00	1.00	0.72	1.00	0.79			
TPDA May-Ago	365	515	296	1282	32	5	203	325	237	36		325			1		11	3633		
% TPDA	10.05	14.18	8.15	35.29	0.88	0.14	5.59	8.95	6.52	0.99		8.95			0.03		0.30	100.00		
% Vehiculos Livianos				68.68%				% Vehiculos Pesados				31.02%				0.30%				100.00%

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico. MTI. Año 2010. Página 100.

Tabla N° 12: Cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual.

GRUPO	MOTO	AUTOS	JEEP	Cam.	Micro Bus < 15 pasajeros	Micro Bus 15-30 pasajeros	Bus	Livianos 2-5 Ton	C2 5+ Ton	C3	TX - SX <= 4 E	VA	VC
TPD	696	325	56	226	23	20	23	7	15	16	1	6	0
Factor Diario	1.21	1.25	1.25	1.29	1.25	1.35	1.21	1.30	1.47	1.44	1.00	1.16	1.00
Factor Semanal	0.97	0.99	0.98	0.94	1.00	0.99	0.98	0.89	0.87	0.90	1.00	0.93	1.00
Factor Temporada	0.93	0.97	0.92	0.98	0.93	1.14	0.97	0.99	1.10	1.01	1.00	0.72	1.00
TPDA	760	391	63	269	27	30	26	8	20	20	1	5	0
% TPDA	46.89	24.12	3.92	16.58	1.65	1.85	1.60	0.51	1.27	1.26	0.08	0.28	0.00
% VEHICULOS LIVIANOS 95.01%							% VEHICULOS PESADOS 4.99%						

Fuente: Elaboración propia



Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio se analizaron las siguientes variables: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito en la zona según datos del MTI.

3.3.1 Producto Interno Bruto

Es una medida agregada que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un período que normalmente es de un año.

Se realizó un análisis del comportamiento del producto interno bruto del año 2011, el cual reflejó una tasa del 4.7%. El PIB de este año en Nicaragua, es una tasa muy alta para utilizarla en las proyecciones del tránsito.

Tabla N° 13: PIB Nicaragua 2001 - 2011

AÑO	PIB	% CRECIMIENTO PIB
2001	27,887.40	3
2002	28,087.50	0.8
2003	28795.50	2.5
2004	30,325.20	5.3
2005	31,623.90	4.3
2006	32,936.90	4.2
2007	34.136.90	3.6
2008	35,078.80	2.8
2009	34,563.40	-1.5
2010	36,112.00	4.5
2011	37,809.00	4.7
Promedio		3.83

Fuente: Estadísticas económicas anuales. BCN – Nicaragua.



3.3.2 Tasa de Crecimiento Poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición.

Tabla No 13: Tasa de Crecimiento Poblacional (2001- 2010).

Indicadores Demográficos	Quinquenios			
	1990/1995	1995/2000	2000/2005	2005/2010
Fecundidad				
Nacimientos Anuales B (en miles)	155.77	147.03	138.58	140.11
Tasa Bruta de Natalidad b (por mil)	35.43	30.14	26.28	24.87
Tasa Global de Fecundidad	4.50	3.60	3.00	2.76
Tasa Bruta de Reproducción	2.19	1.76	1.46	1.34
Tasa Neta de Reproducción	2.02	1.65	1.39	1.29
Mortalidad				
Muertes Anuales D (en miles)	28.59	27.21	26.59	26.89
Tasa Bruta de Mortalidad (por mil)	6.50	5.58	5.04	4.77
Esperanza de vida al nacer:				
	66.05	68.41	70.82	72.89
Hombres	63.53	65.89	67.97	69.91
Mujeres	68.70	71.06	73.82	76.02
Tasa de Mortalidad Infantil (por mil)	48.00	33.60	26.40	21.50
Crecimiento Natural				
Crecimiento Anual: B-D (en miles)	127.18	119.82	111.99	113.22
Tasa de Crecimiento Natural (por mil)	28.93	24.56	21.24	20.10
Migración				
Migración Anual = M (en miles)	-22.79	-31.56	-41.28	-38.00
Tasa de Migración: m (por mil)	-5.18	-6.47	-7.83	-7.10
Crecimiento Total				
Crecimiento Anual: B-D+(-)M (en miles)	104.39	88.26	70.71	75.22
Tasa de Crecimiento Total: r (por mil)	23.75	18.09	13.41	13.00

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo. "Nicaragua : Estimaciones y Proyecciones de Población 1950 - 2050". Revisión 2007.



3.3.3 Historial de Tránsito de la Zona.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tránsito, en base a estudios anteriores del tramo en estudio u otras vías de naturaleza similar.

Para el presente tramo se ha encontrado información histórica o estadística de tránsito en el Ministerio de Transporte e Infraestructura (**MTI**) que pueda ser de utilidad.

El proyecto en estudio presenta los siguientes registros históricos en el período (2001 – 2010), durante este ha presentado un comportamiento variable que va de 2,329 vpd en el año 2001, a 3,057vpd en el año 2010.

Este comportamiento irregular del flujo vehicular se debe o se considera que ha sido principalmente, producto de las diferentes condiciones físicas que ha presentado en este periodo, la superficie de rodamiento a lo largo del tramo.

Tabla N° 14: Historial del Tránsito. Estación de Control N° 120.

AÑO	VPD
2001	2329
2003	1893
2005	2976
2008	3884
2010	3057

Fuente: Anuario de Aforos de Trafico 2010. Mayo 2011. Página 63.

Al realizar una comparación de los datos históricos de TPDA de la estación de conteo permanente 110 Estelí – Condega, con la estación de control N° 120 Empalme San Nicolás – Estelí, que es la más próxima a la vía en estudio, se refleja una tasa de crecimiento de 4.3%.



Otra tasa analizada es la que ofrece el Anuario de Aforos de Tráfico de 2010, la cual presenta una tasa del 2.92% a nivel de todo el país. Se considera que es una tasa moderada y acorde a la realidad del proyecto, razón por la cual se utilizará para las predicciones del tránsito.

3.3.4 Clasificación de la vía.

La clasificación de la vía es el proceso por medio del cual las calles y carreteras son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que prestan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables que sean necesarias, según se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de transito, numero de carriles y tipo de superficie de rodadura.

TPDA	> 20,000		20,000 – 10,000		10,000–3,000		3,000 - 500	
Clasificación Funcional	C	\$	C	\$	C	\$	C	\$
AR – Autopistas Regionales	6 – 8	Pav.	4 – 6	Pav.				
TS – Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR – Troncales Rurales	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
CS – Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR – Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA, 2001.

Por lo tanto la vía en estudio se clasifica funcionalmente como colectoras suburbana – CS, basándonos en su TPDA que fue de 1620, el cual cabe en el rango TPDA 3000 – 500 establecido por la CIECA 2001 y su manual.

3.3.5 Período de Diseño.

Es el tiempo durante el cual la estructura que se diseña deberá operar con un nivel de serviciabilidad superior al mínimo sin requerir de acciones de conservación diferente a la del mantenimiento rutinario.

Basándonos en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectora rural, es de 10 a 20 años.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de 15 años.

Tabla N° 16: Periodos de diseño.

Tipo de Carretera	Período de diseño
Autopista Regional	20 - 40 años
Troncales suburbanas	15 - 30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10 - 20 años
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales. SIECA 2001. Pag.10

3.3.6 Tránsito de diseño

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tránsito actual así como en los incrementos de tránsito que se espera utilicen la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro.

En primer lugar resulta necesario determinar el periodo de proyección del tráfico, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de



crecimiento que se han determinado con anterioridad. El tránsito proyectado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TD = T_0 * FC * FD * fc \quad (\text{Ecuación N° 2})$$

- Td = Tránsito de diseño
- T_0 = Tránsito Inicial en el año 0
- FC = Factor de Crecimiento
- FD = Factor de Distribución Direccional
- fc = Factor Carril

3.3.7 Tránsito Inicial en el año 0 (T_0)

Es el TPD inicial determinado a partir del conteo vehicular que se realiza en el tramo a diseñar.

3.3.8 Factor de crecimiento

Esta dado en función por el periodo de diseño y la tasa de crecimiento vehicular, el cual puede variar en dependencia del tipo de vehículo. Su ecuación es:

$$\text{Donde: } FC = 365 \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad (\text{Ecuación N° 3})$$

- Fc = Factor de Crecimiento
- i = Tasa de Crecimiento
- n = Período de Diseño

De acuerdo a la ecuación N° 3 se obtiene un Factor de Crecimiento:

$$i = 2.92 \% \quad n = 15 \text{ años}$$

$$FC = 365 \times \left[\frac{(1 + 0.292)^{15} - 1}{0.292} \right]$$

$$FC = 6749$$

3.3.9 Factor de Distribución Direccional (Fd)

Se expresa con la relación que existe entre el tráfico y el sentido de circulación, su valor es generalmente es 0.5 para el flujo vehicular en ambas direcciones y 1 si poseen un solo sentido. La característica más general es que el tránsito se divida 50% en un sentido y 50% en el otro.

Tabla N° 17: Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	LD ¹⁰
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de las Carreteras Regionales. SIECA 2001

3.3.10 Factor carril (fca.)

Es el número de carriles por sentido para los cuales se está diseñando. El factor carril utilizado será del 100%.

Tabla N° 18: Factores de distribución según el número de carriles.

Número de carriles en cada dirección	% ESAL en el carril de diseño
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Año 2006. Pág. 58.

3.3.11 Tránsito en el año n (Tn)

Es el TPD promedio diario proyectado hacia el año n. Para calcularlo es necesario conocer el tránsito inicial, la tasa de crecimiento anual y el periodo de diseño.



Donde: $T_n = T_o(1 + i)^n$

(Ecuación N° 4)

- T_n = Tránsito en el año n
- i = Tasa de crecimiento anual en %
- n = Número de año en el periodo de diseño

3.3.12 Número de año en el periodo de diseño (n)

El número de años que se empleen en el diseño, está en dependencia de la importancia que la vía representa para la red vial regional o nacional y está definido como el tiempo total para el cual se diseña un pavimento.

Tabla N° 19: Cálculo de Tránsito de Diseño

Vehículo	To	F. Crec.	F. Carril	F. Direccional	T. Diseño
Motos	760	6749	1	0.5	2,563,124
Autos	391	6749	1	0.5	1,318,202
Jeep	63	6749	1	0.5	214,058
Camioneta	269	6749	1	0.5	906,278
Livianos 2-5 Ton	8	6749	1	0.5	27,609
Mic. Bus < 15 pas	27	6749	1	0.5	90,226
Mic. Bus 15-30 pas	30	6749	1	0.5	101,359
Bus	26	6749	1	0.5	87,610
C2 5+ Ton	20	6749	1	0.5	69,174
C3	20	6749	1	0.5	68,780
T2 - S2 <= 4 E	1	6749	1	0.5	4,339
T3 - S2 >= 5 E	0	6749	1	0.5	0
C2 - RX2<= 4E	0	6749	1	0.5	0
C3 - R2 >= 5E	0	6749	1	0.5	0
VA	5	6749	1	0.5	15,352
VC	0	6749	1	0.5	0
Otros	0	6749	1	0.5	0
Total	1,620				5,466,111

Fuente: Elaboración propia

Realizando los cálculos correspondientes por medio de la fórmula N° 2, utilizando una hoja del programa Microsoft Excel, se obtuvo un tránsito de diseño de **5,466,111**.



CAPÍTULO IV

DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

El diseño de pavimentos consiste en determinar cada uno de los espesores de las capas que conforman la superficie de rodadura. Este diseño está basado en los estudios del tránsito y las propiedades físicas y mecánicas del suelo así como otras variables descritas en este capítulo.

El método utilizado para efectuar el diseño, fue el de la AASHTO-93. Este método considera las siguientes variables:

4.1 Índice de serviciabilidad

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. La inicial, p_0 , es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final o terminal, p_t , es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados son los que se obtuvieron en el AASHO Road Test:³

$p_0 = 4.2$ para pavimentos flexibles

$p_t = 2.5$ para caminos muy importantes

$p_t = 2.0$ para caminos de menor tránsito

4.2 Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI)

La pérdida de la servicialidad es la diferencia que existe entre la inicial y la final. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = p_0 - p_t \quad (\text{Ecuación N° 5})$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0 \quad \Delta PSI = 2.2$$

³Diseño de pavimentos AASHTO 93. Edición 2006. Página 172.

4.3 Análisis de cargas y ejes equivalente para el diseño de pavimento.

Para el análisis de carga se utiliza la clasificación de los ejes de carga de cada vehículo, debido a que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento.

Los factores de equivalencia se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, de los ejes sencillos y dobles. Los ejes equivalentes se obtienen conociendo el tránsito de diseño y los factores de equivalencia, mediante la siguiente expresión:

$$ESAL \text{ o } W18 = TD * Factor \text{ ESAL} \quad \text{(Ecuación N° 6)}$$

Para realizar el cálculo del ESALs de diseño es necesario conocer con anticipación el peso de los vehículos que circularán por el camino durante el periodo de diseño, y el factor de equivalencia de carga. Para obtener dicho factor se considera una serviciabilidad final de 2.0, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un coeficiente estructural de $SN=5$.

Tabla N° 20: Cálculo de Ejes Equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).

Tipo de vehículo	T inicial	peso x eje lbs	Peso x eje Kips	Tipo de eje	TD	ESAL	ESAL Diseño
Motos	760	0	0	Simple	2563,124	0.000000	0
		0	0	Simple	2563,124	0.000000	0
Autos	391	2200	2	Simple	1318,202	0.000200	264
		2200	2	Simple	1318,202	0.000200	264
Jeep	63	2200	2	Simple	214,058	0.000200	43
		2200	2	Simple	214,058	0.000200	43
Camioneta	269	2200	2	Simple	906,278	0.000200	181
		4400	2	Simple	906,278	0.000200	181
Livianos 2-5 Ton	8	8800	4	Simple	27,609	0.002000	55
		24200	11	Simple	27,609	0.482000	13,308
Mic. Bus < 15 pas	27	8800	4	Simple	90,226	0.002000	180
		13200	6	Simple	90,226	0.009000	812
Mic. Bus 15-30 pas.	30	13200	6	Simple	101,359	0.009000	912
		22000	10	Simple	101,359	0.790000	80,074
Bus	26	19800	9	Simple	87,610	0.550000	48,185
		22000	10	Simple	87,610	0.790000	69,212
C2 5+ Ton	20	17600	8	Simple	69,174	0.031000	2,144
		30800	14	Simple	69,174	0.338000	23,381
C3	20	24200	11	Simple	68,780	0.482000	33,152
		79200	36	Doble	68,780	1.380000	94,917
T2 - S2 <= 4 E	1	19800	9	Simple	4,339	0.550000	2,386
		35200	16	Simple	4,339	0.603000	2,616
		52800	24	Doble	4,339	0.239000	1,037
VA	5	19800	9	Simple	15,352	0.550000	8,444
		35200	16	Simple	13,437	0.603000	8,103
		52800	24	Doble	13,437	0.239000	3,211
	1620						393,105

Fuente: Elaboración propia

Factores Esal. Ver los Anexos del Capítulo IV N° 1 y N° 2.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de:

ESAL o W18 =393,105

4.4 Confiabilidad (R)

Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportara satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el período de diseño. ⁴

La confiabilidad pretende incorporar algún grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de este se mantengan para el período de análisis. El factor de confiabilidad de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en las predicciones del tránsito como en las predicciones del comportamiento y por lo tanto proporciona un nivel predeterminado de confianza (R) en que los tramos del pavimento sobrevivirán al periodo para el cual fueron diseñados. ⁵

Tabla N° 21: Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO, para clasificaciones funcionales diferente.

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rurales Interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de Pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

^{4,5} Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Alfonso Montejó Fonseca. Tercera Edición. Pág 264.

Se asume un valor de confiabilidad de **R= 70%**, por estar en el rango propuesto por la AASHTO para la zona urbana y para tipo de camino local. Además por que el tránsito que utilizará esta vía es liviano y nos permitirá diseñar un pavimento con un nivel de confiabilidad óptimo entre el costo inicial del proyecto y el mantenimiento del mismo.

4.5 Desviación Estándar (S_0)

Es la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito, teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. Para la estimación de la desviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a las predicciones futuras del tránsito.

Tabla N° 22: Desviación Estándar para pavimentos rígidos y flexibles.

Condiciones de Diseño	Desviación Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.35 pavimento rígido
	0.44 pavimento flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.40 pavimento rígido
	0.49 pavimento flexible

Fuente: Libro de diseños para pavimentos. AASHTO 93. Tercera edición. Página 135.

Para este estudio se asume un valor de **0.49** para una variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.

4.6 Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipa con el tiempo para ocasionar daños a las estructuras del pavimento.

A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje. El método deja en libertad al ingeniero de diseño para identificar cual nivel o calidad de drenaje se logra bajo una serie específica de condiciones de drenaje.

Tabla N° 23: Coeficientes de Drenaje para pavimentos flexibles

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 – 5 %	5 – 25%	< 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 148.

El valor tomado en este diseño fue de 1.00, por que se asume una calidad de drenaje buena, debido a que se plantea utilizar una base tratada con cemento, lo que ayuda a la impermeabilización de la estructura del pavimento, así como también se aplicará durante el proceso constructivo, con las especificaciones de compactación, calidad de materiales, equipos y mano de obra.

4.7 Módulo Resiliente

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas.⁶

Esta propiedad caracteriza los materiales de la subrasante, a través de ensayos se han podido determinar que:

$$CBR < 10 \quad MR(PSI) = 1500 * CBR \quad (\text{Ecuación N° 7})$$

$$CBR > 10 < 20 \quad MR(PSI) = 3000 * CBR^{0.65} \quad (\text{Ecuación N° 8})$$

$$CBR > 20 \quad MR(PSI) = 4326 * \ln CBR + 241 \quad (\text{Ecuación N° 9})$$

Como se determinó que el CBR de la rasante de la vía en estudio es de 12.2%, se utilizará la ecuación N° 8.

$$MR(PSI) = 3000 * 12.2^{0.65}$$

$$MR(PSI) = 15,249.48$$

El módulo resiliente de la base, se calculó por medio del nomograma de relación entre el coeficiente para subbase granular y distintos parámetros resistentes. (Ver Anexos del Capítulo IV N° 4)

4.8 Coeficientes estructurales o de capas.

Son factores estructurales que involucran las características físicas y propiedades de los diferentes materiales, para servir como componente estructural del pavimento.

Estos coeficientes son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.⁷

El método de la AASHTO 93, designa la aplicación de monogramas para la estimación de estos valores, dependiendo si se conoce el módulo de elasticidad del asfalto.

Se eligió el formato de la AASHTO, debido a que la distribución de cargas y modos de falla de los pavimentos con adoquines entrelazados de concreto son muy similares a los que ocurren en pavimentos flexibles, razón por la cual se utiliza el módulo resiliente para el concreto asfáltico que es 450,000 PSI.

Utilizando el monograma para hallar a_1 en función del módulo resiliente del concreto asfáltico ubicado en los anexos del capítulo IV N°5, se determinó que $a_1 = 0.45$.

El cálculo manual de los espesores por el método de la AASHTO 93, se encuentran detallados en el Anexo N° 1 del capítulo V.

⁶Libro de diseño para pavimento AASHTO 93. Tercera Edición. Página 93.

⁷Libro de diseño para pavimentos. AASHTO 93. Tercera Edición. Página 109.

**Tabla N° 24: Resumen de datos para calcular espesores en el programa
Pavement Analysis Software versión 3.3**

VARIABLES	VALORES
ESAL's	393,105
Confiabilidad	70%
Desviación Estándar	0.49
Servicialidad Inicial	4.2
Servicialidad Final	2.0
Coeficiente de Drenaje	1.00
Coeficiente de capa a1	0.45
Coeficiente de capa a2	0.147

Fuente: Elaboración propia.

Ver Anexos del Capítulo IV N° 6.

Una vez obtenidos los datos, se ingresan al sistema Pavement Analysis Software versión 3.3, el cual proyecta un resultado del número estructural requerido para las capas del pavimento.

Ingreso de datos al sistema.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: READY Page: 6
AASHTO '86 Design Equations

**** Flexible Pavement Analysis ****

[1] Design E 18's          393.105
[2] Reliability            70.00
[3] Overall Deviation      0.49

[4] Soil Resilient Mod.   15,249.5
[5] Initial Serviceability 4.20
[6] Terminal Serviceability 2.00

Flexible Structural Number 1.98

Press Enter to Continue or <f>+<l> to Edit your Inputs

Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <f>+<l>
  
```

Luego se procede a correr el programa para obtener los espesores mínimos requeridos para las capas que conformarán la estructura del pavimento.

Resultado de datos procesados.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Pavement Analysis: READY Page: 7
Flexible Thickness Determination

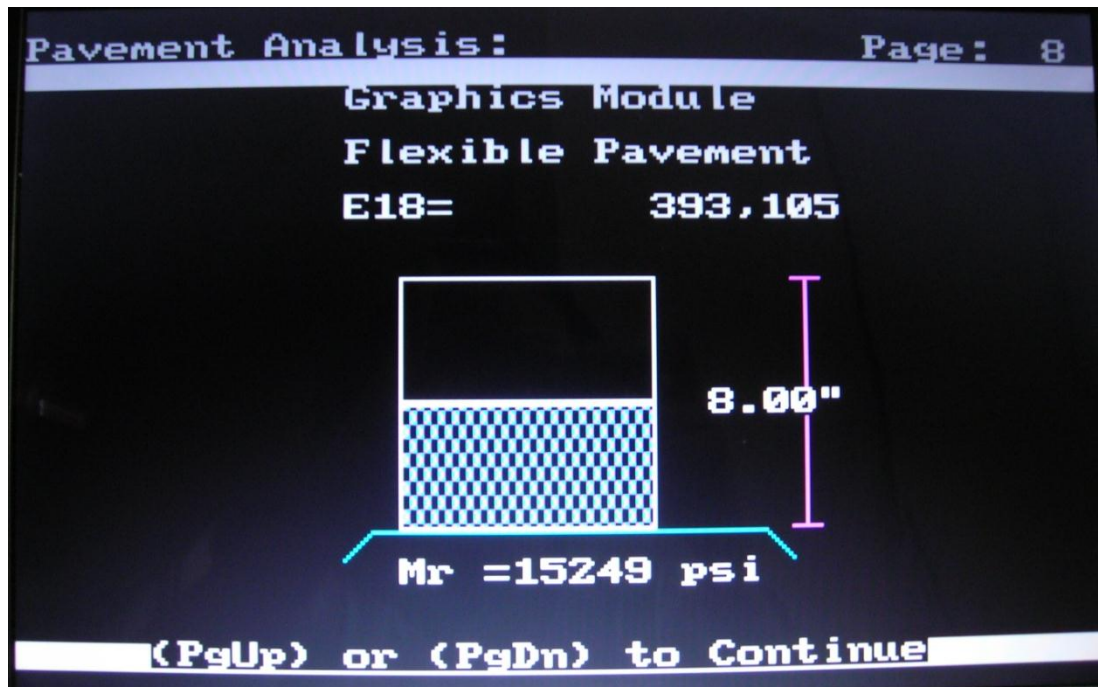
Layer Number      Layer      Drainage      Layer      a(i)*Cd*t      Thickness
=====      == a (i) ==      Coefficient == m (i) ==      Thickness      Needed
=====
Upper
2              0.45          1.00          4.00          1.80
3              0.15          1.00          4.00          0.59
4
5
6

=====
SN Required = 1.98      (Ok)

Press [F10] to Clear an Input & <PgDn> to Continue when finished.

Special Keys: F1: HELP F2: EXIT F5: MENU <PgUp> <PgDn> <f>+<l>
  
```

Capas estructurales según Pavement Analysis Software.



The background of the slide is an abstract pattern of white 3D cubes. One cube in the center-left is highlighted in a bright orange color, standing out from the rest of the white cubes. The cubes are arranged in a grid-like fashion, creating a sense of depth and perspective.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Luego de recopilar, revisar, analizar y procesar la información requerida para el desarrollo de los objetivos propuestos en este trabajo se concluye que:

1- De acuerdo a los resultados analizados sobre los sondeos de líneas se debe de realizar un corte de 35 cm al terreno existente, para que soporte la estructura del pavimento a construir.

Se identificaron y estudiaron 5 bancos de préstamos y se determinó que el único banco a utilizar es el San Roque con un CBR de 69% y un volumen de explotación de 38,000 m³. Debido a que no cumple con los requerimientos mínimos de CBR establecidos por la AASHTO para uso de base, deberá ser estabilizado con cemento.

Debido a que solo se utilizará un banco de préstamos se propone que la estructura de pavimento esté compuesta por una capa de rodadura de adoquín y una capa base.

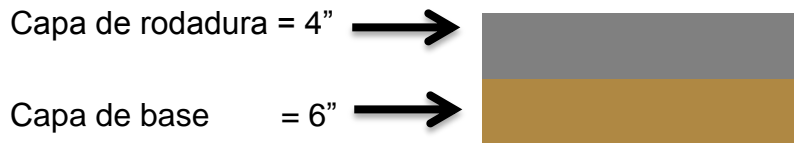
2- De acuerdo a los resultados del estudio de tránsito, se refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos livianos (95.01%), dentro de los factores de diseño se encuentra la tasa de crecimiento vehicular, de crecimiento poblacional y del producto interno bruto, la considerada en el presente, fue la proporcionada por el MTI, de 2.92%, debido a que las demás son muy altas y/o inestables para utilizarlas en este estudio. El ESAL's obtenido fue 393, 105.

3- Para el cálculo de la estructura de pavimento se utilizó el método de la AASHTO, se hizo de manera manual y a través del programa computarizado Pavement Analysis Software versión 3.3 obteniendo los siguientes resultados:

Una estructura de pavimento constituida por 2 capas: la de rodadura con adoquín, y la base granular estabilizada con cemento. Debido a que el material necesario para esta se extraerá de un solo banco de préstamo, no se propone subbase.

Espesores de estructura de pavimentos:

- Una capa de rodadura de 4 Pulgadas equivalentes al adoquín.
- Una capa de base 6 Pulgadas.



Para cumplir con las normas mínimas AASTHO-93 (Pág.175). Ver Anexo N° 1 del Capítulo 5.

El material requerido en la capa base se deberá estabilizar con cemento, con una proporción del 5% para alcanzar una resistencia aproximada de 347 PSI (AASTHO -93 CBR 80%).

Recomendaciones.

Con el objetivo de garantizar que la infraestructura vial propuesta, cumpla con la vida útil, se recomiendan las siguientes especificaciones técnicas:

1- Se recomienda que el material requerido en la capa base se estabilice con cemento, con una proporción del 5% para alcanzar una resistencia aproximada de 347 PSI.

Utilizar el Banco N°4 San Roque que aunque presenta un CBR de 69%, un poco menor que el Banco N°5 Héctor Torrez, 73% de CBR, se encuentra mucho más cerca del sitio de la obra lo que implica menores costos de transporte del material.

Garantizar que la mezcla del material del banco de préstamo N°4 San Roque con cemento se encuentre libre de cualquier agente contaminante.

En todos los casos, donde la subrasante se encuentre en corte, cuando su nivel haya sido despejado luego de cortar los materiales superiores, esta superficie sea escarificada y recompactada al 95% de la densidad obtenida con AASHTO, con lo que se estará asegurando que el CBR's sean logrados o superados.

2- Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que vehículos fuera de diseño (que exceden el límite de carga) transiten y provoquen daño prematuro de la vía.

Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la capeta y estructura de pavimento, se deben construir un buen sistema de drenaje pluvial además de realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.

3- Se verifiquen las proporciones indicadas del material homogenizado para obtener los resultados esperados, que cumpla con la resistencia para la cual se ha diseñado.

Realizar pruebas de resistencia a los adoquines, así como a la mezcla de material estabilizado, para comprobar que cumple las especificaciones técnicas propuestas en el presente documento.

Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.

BIBLIOGRAFÍA

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO-1993). Manual de Diseño de Pavimento, Bolivia Tercera Edición, (2006).
- Coronado Iturbide Jorge. Secretaría de Integración Económica Centroamericana SIECA, Guatemala, Segunda Edición, (2002).
- http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/economicas_anuales/index.html?&val=1
- <http://www.bcn.gob.ni/estadisticas/#>
- INIDE, Anuario Estadístico 2008.
- Montejo Fonseca A. Ingeniería de Pavimentos para Carretera, Bogotá-Colombia Segunda Edición, (2001).
- MTI. Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes, NIC 2000.Nicaragua (1999).
- MTI. Anuario de Aforos de Tráfico. DGP-DAV MTI. Nicaragua (2010).
- Pavement Desing & Analisis. Created by Thomas P. Harman, M.S. C.ElIn Conjunction with Randell C. Riley.P.E& William Feltz.F.E. American Concrete Pavement Association. The Ohio Ready Mixed Concrete Association.USA. <Version 3.3><Copyright 1988>

A 3D isometric grid of white cubes, with one central cube highlighted in orange. The word "ANEXOS" is overlaid in a black serif font.

ANEXOS



ANEXOS

CAPÍTULO I

ANEXO 1: GLOSARIO



ABRASIÓN: Desgaste mecánico de agregados y rocas resultante de la fricción y/o impacto.

ABSORCIÓN: Fluido que es retenido en cualquier material después de un cierto tiempo de exposición (suelo, rocas, maderas, etc.).

ACARREO: Transporte de materiales a diferentes distancias en el área de la obra.

ACCESO: Ingreso y/o salida a una instalación u obra de infraestructura vial.

ACERA: Parte de una vía urbana o de un puente destinada exclusivamente al tránsito de peatones. También se denomina vereda.

ADOQUÍN: Piedra labrada, concreto u otro material en forma de un prisma para uso en pavimentos.

ADOQUINADO: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

AGLOMERANTE: Material capaz de unir partículas de material inerte por efectos físicos o transformaciones químicas o ambas.

AGREGADO: Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

AGREGADO BIEN GRADUADO: Agregado cuya gradación va desde el tamaño máximo hasta el de un relleno mineral y que se encuentra centrado a una curva granulométrica especificada.



AGREGADO FINO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

AGREGADO GRUESO: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

ALTITUD: Altura o distancia vertical de un punto superficial del terreno respecto al nivel del mar. Generalmente se identifica con la sigla “msnm” (metros sobre el nivel del mar).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O MECÁNICO: Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

ARCILLAS: Partículas finas con tamaño de grano menor a 2 μm (0,002 mm) provenientes de la alteración física y química de rocas y minerales.

ARENA: Partículas de roca que pasan la malla N° 4 (4,75 mm.) y son retenidas por la malla N° 200.

ASENTAMIENTO: Desplazamiento vertical o hundimiento de cualquier elemento de la vía.

B

BACHE: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.



BACHEO: Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

BANCO DE MATERIALES: Material que se encuentra en depósitos naturales y usualmente mezclado en mayor o menor cantidad con material fino (arenas, arcillas) que da lugar a bancos de gravas arcillosas, gravas arenosas.

BASE: Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños. La base es parte de la estructura de un pavimento.

BERMA: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

BOMBEO: Inclinação transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.



CALICATA: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

CAMINO: Vía terrestre para el tránsito de vehículos motorizados y no motorizados, peatones y animales, con excepción de las vías férreas.

CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO: Es la resistencia admisible del suelo de cimentación considerando factores de seguridad apropiados al análisis que se efectúa.



CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA DEL TERRENO: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

CARRETERA: Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes e Infraestructura.

CARRETERA NO PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

CARRETERA PAVIMENTADA: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (semiflexible).

CARRIL: Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito.

CAUCE: Lecho de ríos, quebradas y arroyos.

CBR (California Bearing Ratio): Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo.

CEMENTO PORTLAND: Es un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de yeso natural.

CEMENTO PORTLAND TIPOS: a) Tipo I: Para usos generales en la construcción, donde no se requiere tenga propiedades especiales; b) Tipo II: Para uso general y donde se requiere resistencia moderada a la acción de los sulfatos y un moderado calor de hidratación; c) Tipo III: Para uso en obras donde se requiera una alta resistencia inicial; d) Tipo IV: Para uso en obras donde se requiere un bajo calor de hidratación; y e) Tipo V: Para uso en obras donde se requiere una alta resistencia a los sulfatos.



CIMENTACIÓN: Parte de una estructura que transmite cargas al terreno de fundación.

CÓDIGO DE RUTA: Identificación simplificada de una vía del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

COHESIÓN: La resistencia al corte de un suelo, a una tensión normal.

COMPACTACIÓN: Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland.

CONCRETO: Mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En algunos casos se agrega aditivos para proporcionarle cualidades que no poseen y en otros para mejorar los que poseen.

CONCRETO ASFÁLTICO: Mezcla procesada, compuesta por agregados gruesos y finos, material bituminoso y de ser el caso aditivos de acuerdo a diseño y especificaciones técnicas. Es utilizada como capa de base o de rodadura y forma parte de la estructura del pavimento.

CONCRETO CICLÓPEO: Concreto Portland al que se adiciona piedra grande o mediana en porcentajes según diseño. Por lo general se utiliza en estructuras de gran volumen.

CONCRETO PORTLAND: Mezcla de material aglomerante (cemento Portland y agua) y agregados fino y grueso. Pueden contener aditivos para darle cualidades de que carecen o para mejorar las que poseen.

CONSTRUCCIÓN: Ejecución de obras de una vía nueva con características geométricas acorde a las normas de diseño y construcción vigentes.

CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO: Es el contenido de humedad al cual un suelo O material granular al ser compactado utilizando un esfuerzo especificado



proporciona una máxima densidad seca. El esfuerzo puede ser estándar O modificado.

CONTENIDO DE HUMEDAD: Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente.

COORDENADAS DE REFERENCIA: Referencias ortogonales Norte-Sur adoptadas para elaborar los planos de topografía y de diseño del proyecto.

CORTE (directo): Ensayo según el cual un suelo sometido a una carga normal falla al moverse una sección con respecto a otra.

COTA: Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

COTA DE RASANTE: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

COTA DE TERRENO: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

CURVA DE COMPACTACIÓN (curva de Proctor): Representación gráfica que relaciona el peso unitario seco (densidad) y el contenido de agua del suelo para un determinado esfuerzo de compactación.

CURVA DE NIVEL: Línea definida por la intersección del terreno con un plano horizontal estableciéndose una cota determinada, la curva de nivel une puntos de igual cota.

CURVA DE TRANSICIÓN: Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.



CURVA GRANULOMÉTRICA: Representación gráfica de la granulometría y proporciona una visión objetiva de la distribución de tamaños del agregado. Se obtiene llevando en abscisas los logaritmos de las aberturas de los tamices y en las ordenadas los porcentajes que pasan o sus complementos a 100, que son los retenidos acumulados.

CURVA HORIZONTAL: Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.

CURVA HORIZONTAL DE TRANSICIÓN: Trazo de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente.

CURVA VERTICAL: Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente



DERECHO DE VÍA: Faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Su ancho se establece mediante resolución del titular de la autoridad competente respectiva.

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO: Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.



EJE DE LA CARRETERA: Línea longitudinal que define el trazado en planta, el mismo que está ubicado en el eje de simetría de la calzada. Para el caso de autopistas y carreteras duales el eje se ubica en el centro del separador central.



ELEMENTOS VIALES: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

EMPALME: Conexión de una carretera con otras, acondicionada para el tránsito vehicular.

ENSAYO DE COMPRESIÓN: Ensayo para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión.

ENSAYO DE PENETRACIÓN (Sonda de Windsor): Medidor de dureza. El aparato consiste en una pistola activada por pólvora que clava una sonda de aleación dentro del concreto. Se mide la longitud expuesta de la sonda y se la relaciona con una tabla de calibración para obtener la resistencia a compresión del concreto.

ESCORRENTÍA: Agua de lluvia que discurre por la superficie del terreno.

ESPECIFICACIONES ESPECIALES: Adiciones, revisiones y complementos a las Especificaciones Generales, que se generan para una obra específica individual y son aplicables solo a ella. El Proyectista es el autor y responsable de la emisión de estas Especificaciones Especiales.

ESPECIFICACIONES GENERALES: Definen las diferentes partidas susceptibles a considerar en un proyecto de infraestructura vial, incluyendo aspectos tales como descripción de las actividades, procedimientos o métodos de construcción, recursos de personal, equipo y materiales a emplear, requisitos técnicos, control de calidad, métodos de medición y forma de pago.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS: Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se



realizan en las superficies de rodadura o capas inferiores de la carretera, y son conocidas como suelo cemento, suelo cal y otros diversos.

ESTUDIO DE SUELOS: Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las solicitaciones de carga.



FATIGA: Reducción gradual de la resistencia de un material debido a solicitaciones repetidas.

FINOS: Porción del agregado fino o suelo que pasa la malla N° 200 (0,074 mm).

FISURA: Fractura fina, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

FLUJO DE TRÁNSITO: Movimiento de vehículos que se desplazan por una sección dada de una vía, en un tiempo determinado.

FRAGUADO: Proceso de una mezcla de concreto o mortero para alcanzar progresivamente la resistencia de diseño.



GRANULOMETRÍA: Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas.

GRAVA: Agregado grueso, obtenido mediante proceso natural o artificial de los materiales pétreos.

GRIETA: Fractura, de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía.



IMPACTO AMBIENTAL: Alteración o modificación del medio ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza, que incluye los impactos socio-ambientales.

IMPERMEABILIDAD: Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

INESTABILIDAD: Pérdida de resistencia a las fuerzas que tienden a ocasionar movimiento o distorsión de una estructura del pavimento.

INFRAESTRUCTURA VIAL DE CARRETERAS: Toda carretera que conforma o no el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC).

INFRAESTRUCTURA VIAL PÚBLICA: Todo camino, arteria, calle o vía férrea, incluidas sus obras complementarias, de carácter rural o urbano de dominio y uso público.

INTEMPERISMO: Efectos producidos por la intemperie (a cielo descubierto, sin techo).

INTERSECCIÓN: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.



JUNTA: Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes.

L

LADERA: Terreno de mediana o fuerte inclinación donde se asienta la carretera.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

LÍMITE LÍQUIDO: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

LÍMITE PLÁSTICO: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

LIMOS: Partículas de roca o minerales cuyas dimensiones están entre 0,02 y 0,002 mm.

M

MALLA: Abertura cuadrada de un tamiz.

MANTENIMIENTO VIAL: Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario, puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

MATERIA ORGÁNICA: Son compuestos carbonáceos existentes en el suelo, tales como turba, lodos orgánicos y suelos que contengan materia vegetal.

MATERIAL DE PRÉSTAMO COMPENSADO: Es aquel que corresponde a compensaciones de materiales adecuados para su uso en las explanaciones, de cortes con rellenos, dentro de la distancia denominada “libre de transporte”.



MATERIAL DE PRÉSTAMO LATERAL: Material de características apropiadas para su uso en la construcción de las explanaciones, que provienen de bancos y canteras naturales adyacentes a la explanada de la carretera.

MATERIAL DE PRÉSTAMO PROPIO: Material adecuado para las explanaciones, proveniente de los cortes para ser utilizado en rellenos, transportado fuera de la distancia denominada “libre de transporte”.

MÁXIMA DENSIDAD SECA: Máximo valor de densidad seca definido por la curva de compactación para un esfuerzo especificado (estándar O modificado).

MÓDULO RESILIENTE (Suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

MORTERO: Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante (bituminoso o cemento Pórtland), agua y puede contener aditivos.

MUESTRAS DE CAMPO: Materiales obtenidos de un yacimiento, de un horizonte de suelo y que se reduce a tamaños, cantidades representativos y más pequeñas según procedimientos establecidos.

MUESTREO: Investigación de suelos, materiales, asfalto, agua etc., con la finalidad de definir sus características y/o establecer su mejor empleo y utilización.

N

NIVELES DE SERVICIO: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad. Los indicadores son propios a cada vía y varían de acuerdo a factores técnicos y económicos dentro de un esquema general de satisfacción



del usuario (comodidad, oportunidad, seguridad y economía) y rentabilidad de los recursos disponibles.



OBRA: Infraestructura vial ejecutada en un ÁREA DE TRABAJO, teniendo como base un Expediente Técnico aprobado, empleando generalmente recursos: mano de obra, materiales y equipo.



PASO DE PEATONES: Zona transversal al eje de una vía, destinada al cruce de peatones mediante regulación de la prioridad de paso.

PATRIMONIO VIAL: Conjunto de caminos, arterias, calles o vías férreas, incluidas sus obras complementarias, que con su respectivo derecho de vía conforman la estructura vial de uso y dominio público susceptible de valorización.

PAVIMENTO: Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y rodadura.

PAVIMENTO FLEXIBLE: Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.

PAVIMENTO RÍGIDO: Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregados y de ser el caso aditivos.

PENDIENTE DE LA CARRETERA: Inclinação del eje de la carretera, en el sentido de avance.



PERALTE: Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

PERMEABILIDAD: Capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

POROSIDAD: Propiedad de un cuerpo que se caracteriza por la presencia de vacíos en su estructura.

PRESIÓN ADMISIBLE: Máxima presión que la cimentación puede transmitir al terreno sin que ocurran asentamientos mayores a lo admisible, según lo especifique la norma del diseño respectiva.

PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN: Es la cota o estrato del terreno de fundación de la estructura de una obra.

PROGRAMA DE EJECUCIÓN: Documento en el que consta la programación por periodos determinados de tiempo para la ejecución de un estudio u obra.

R

RAMPA: Ramal de intercambio con pendiente, destinado a empalmar una vía con otra a niveles diferentes.

RASANTE: Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.

RED VIAL: Conjunto de carreteras que pertenecen a la misma clasificación funcional (Nacional, Departamental o Regional y Vecinal o Rural)

REHABILITACIÓN: Ejecución de las obras necesarias para devolver a la infraestructura vial sus características originales y adecuarla a su nuevo periodo de servicio; las cuales están referidas principalmente a reparación y/o ejecución



de pavimentos, puentes, túneles, obras de drenaje, de ser el caso movimiento de tierras en zonas puntuales y otros.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN: Ensayo de resistencia a la compresión que se realiza colocando una muestra cilíndrica en una prensa al que se le aplica una fuerza hasta la rotura de la muestra o testigo.

ruta: Carretera definido entre dos puntos determinados, con origen, itinerario y destino debidamente identificados.



SECCIÓN TRANSVERSAL: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

SECTOR: Parte continúa de un tramo.

SEPARADOR: Espacio o dispositivo estrecho y ligeramente saliente, distinto de una franja o línea pintada, situado longitudinalmente para separar el tránsito de la misma o distinta dirección y dispuesto de tal forma que intimide e impida el paso de vehículos entre calzadas o carriles.

Socavar: Erosión de la cimentación de una estructura u otro elemento de la vía por la acción del agua.

SUBBASE: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.

SUBRASANTE: Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado.



SUELO ARCILLOSO: Conformado por arcillas o con predominancia de éstas. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

SUELO ARENOSO: Conformado por arena o con predominancia de ésta. Por lo general, no es adecuado para el tránsito vehicular.

SUELOS EXPANSIVOS: Suelos que al ser humedecidos sufren una expansión que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

SUELOS INALTERADOS (No disturbados): Generalmente son cohesivos que conservan su estructura y humedad

SUPERESTRUCTURA: Componente estructural que recibe en forma directa las cargas vehiculares que circulan por el puente; conformada por diferentes tipos de elementos metálicos, de concreto, madera y otros.

SUPERFICIE DE RODADURA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma.



TALUD: Inclinação de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes.

TAMIZ: Aparato, en un laboratorio, usado para separar tamaños de material, y donde las aberturas son cuadradas.

TRAMO: Parte continúa de una carretera.

TRÁNSITO: Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía





USUARIO: Persona natural o jurídica, pública o privada que utiliza la vía pública.



VEHÍCULO: Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles.

VEHÍCULO LIVIANO DE USO PRIVADO (Ligero): Vehículo automotor de peso bruto hasta 1,5 t.

VEHÍCULO LIVIANO: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 1,5 t hasta 3,5 t.

VEHÍCULO PESADO: Vehículo automotor de peso bruto mayor a 3,5 t

VELOCIDAD DE DISEÑO: Máxima velocidad con que se diseña una vía en función a un tipo de vehículo y factores relacionados a: topografía, entorno ambiental, usos de suelos adyacentes, características del tráfico y tipo de pavimento previsto.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN: Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera.

VÍA: Camino, arteria o calle.

VÍA URBANA: Arterias o calles conformantes de un centro poblado.

VIDA ÚTIL: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.

ANEXO 2: ABREVIATURAS

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

CBR: California Bearing Ratio.

CORASCO: Corea y Asociados S.A.

CREC: Crecimiento.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

FC= Factor de Crecimiento

FD= Factor de Distribución Direccional

fc= Factor Carril

GC: Grava arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

INTUR: Instituto Nacional de Turismo.

IMS: Ingeniería de Materiales y Suelos. Laboratorio de suelos.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR= Módulo resiliente.

M1: Muestra 1.

M2: Muestra 2.

M3: Muestra 3.

M4: Muestra 4.

M5: Muestra 5.

NP: No Plástico.

N°: Número.

OL: Limos y arcillas orgánicas. Clasificación SUCS de los suelos.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI= Libras por pulgada cuadrada.

SC: Arena arcillosa. Clasificación SUCS de los suelos.

SN= Coeficiente estructural.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos)

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

TAC: Tasa Anual de Crecimiento.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

Ton= Toneladas.

VA= Vehículos agrícolas.

VPD: Vehículos por día



ANEXOS

CAPÍTULO II

ANEXO 1: Análisis granulométrico del grupo de muestras 1, según ASTM D-422; AASHTO T 27-88.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	0	0.000	0.000	100.000
1 "	0	0.000	0.000	100.000
¾	67	5.852	5.852	94.148
½	151.5	13.232	19.084	80.916
3/8	106.5	9.302	28.386	71.614
No.4	161	14.062	42.448	57.55
Pasa No.4	659	57.555	100	
Suma	1145	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO 2: Análisis granulométrico de los materiales del grupo de muestras 1, que pasan el tamiz N°4.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	15	6.907	6.907	50.645
40	21.3	9.807	16.714	40.838
200	23.1	10.636	27.350	30.202
Pasa No.200	65.6	30.204	57.55	0
Suma	125	57.55		

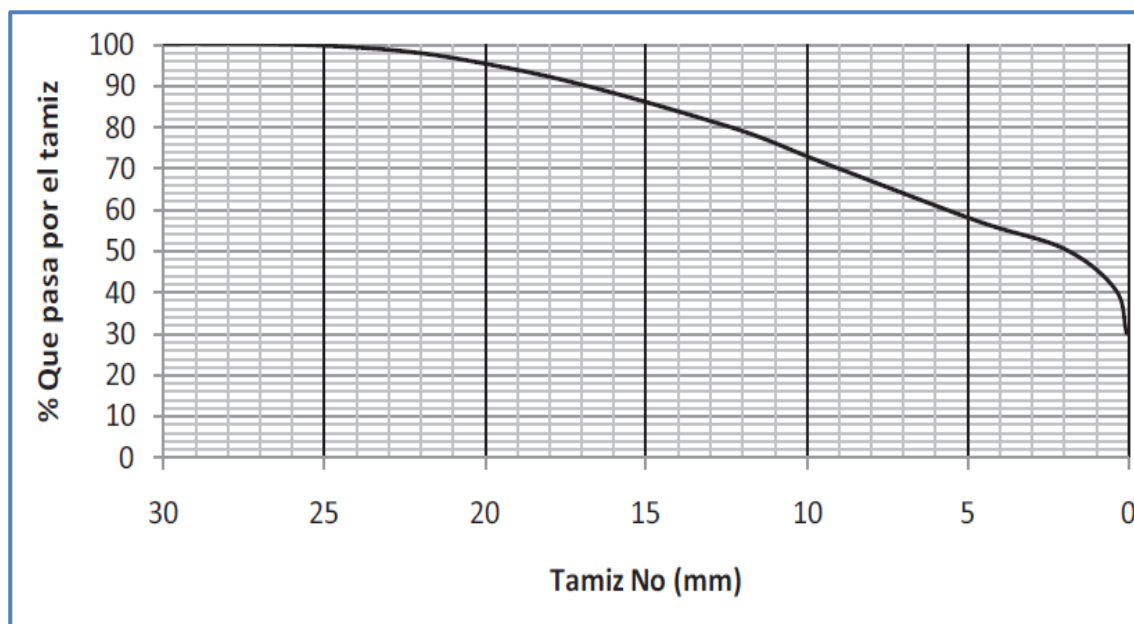
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 3: Resumen de datos del grupo de muestras 1, para curva granulométrica.

Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	100.000
1 "	25.4	100.000
0.75	19.1	94.148
0.5	12.7	80.916
0.375	9.52	71.614
No.4	4.76	57.55
10	2	50.645
40	0.42	40.838
200	0.074	30.202

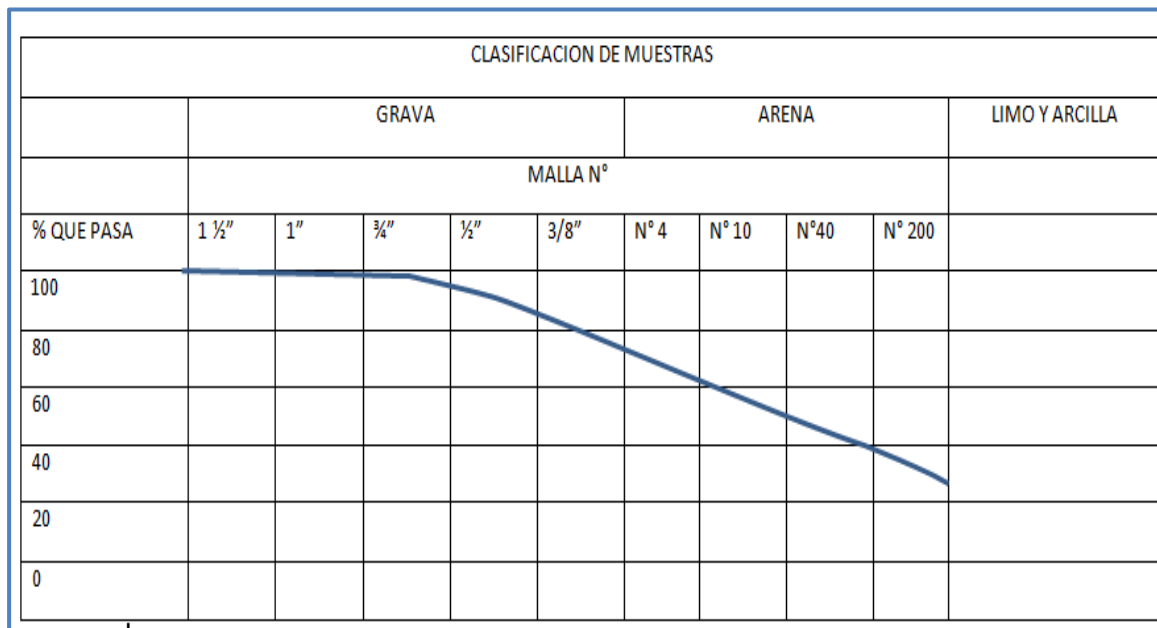
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N°4: Curva granulométrica del grupo de muestras 1.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 5: Clasificación del suelo con curva granulométrica, del grupo de muestra 1.



AASHTO: Son arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

SUCS: Arena limo-arcillosa con grava

ANEXO N° 6: Análisis granulométrico del grupo de muestras 2, según ASTM D-422; AASHTO T 27-88.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	0	0.000	0.000	100.000
1 "	0	0.000	0.000	100.000
¾	0	0.000	0.000	100.000
½	15	1.745	1.745	98.255
3/8	5	0.582	2.327	97.673
No.4	195	22.675	25.002	75.00
Pasa No.4	645	75.000	100	
Suma	860	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 7: Análisis granulométrico de los materiales del grupo de muestras 2, que pasan el tamiz N°4.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	7.8	4.680	4.680	70.318
40	14.7	8.820	13.500	61.498
200	7.45	4.470	17.970	57.028
Pasa No.200	95.05	57.029	75.00	0
Suma	125	75.00		

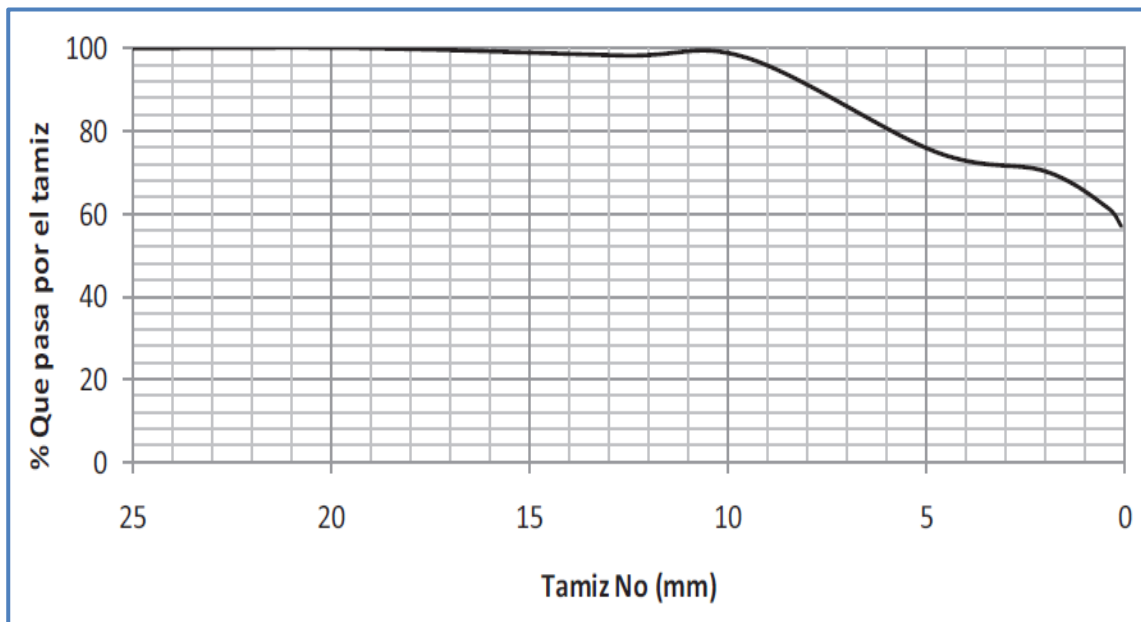
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 8: Resumen de datos del grupo de muestras 2, para curva granulométrica.

Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	100
1 "	25.4	100
0.75	19.1	100
0.5	12.7	98.255
0.375	9.52	97.673
No.4	4.76	74.998
10	2	70.318
40	0.42	61.498
200	0.074	57.028

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 9: Curva granulométrica del grupo de muestras 2.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 10: Clasificación del suelo con curva granulométrica del grupo de muestras 2.

CLASIFICACION DE MUESTRAS											
	GRAVA					ARENA				LIMO Y ARCILLA	
	MALLA N°										
% QUE PASA	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 10	N°40	N° 200		
100											
80											
60											
40											
20											
0											

AASHTO: Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos.

SUCS:

ANEXO N° 11: Análisis granulométrico del grupo de muestras 3, según ASTM D-422; AASHTO T 27-88.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	0	0.000	0.000	100.000
1 "	119	9.827	9.830	90.170
¾	108	8.919	18.749	81.251
½	167	13.791	32.540	67.460
3/8	151	12.470	45.010	54.990
No.4	240	19.819	64.829	35.17
Pasa No.4	426	35.178	100	
Suma	1211	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 12: Análisis granulométrico de los materiales del grupo de muestras 3, que pasan el tamiz N°4.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	26.35	7.415	7.415	27.756
40	23.4	6.585	14.000	21.171
200	17.1	4.812	18.812	16.359
Pasa No.200	58.15	16.362	35.17	0
Suma	125	35.17		

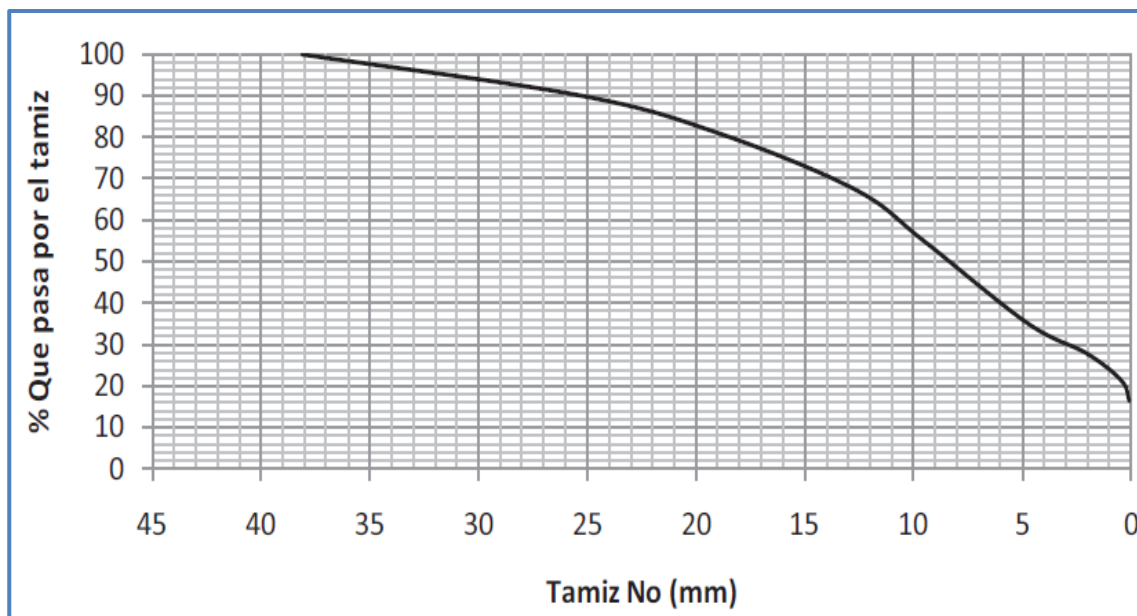
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 13: Resumen de datos del grupo de muestras 3, para curva granulométrica.

Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	100
1 "	25.4	90.17
0.75	19.1	81.251
0.5	12.7	67.46
0.375	9.52	54.99
No.4	4.76	35.171
10	2	27.756
40	0.42	21.171
200	0.074	16.359

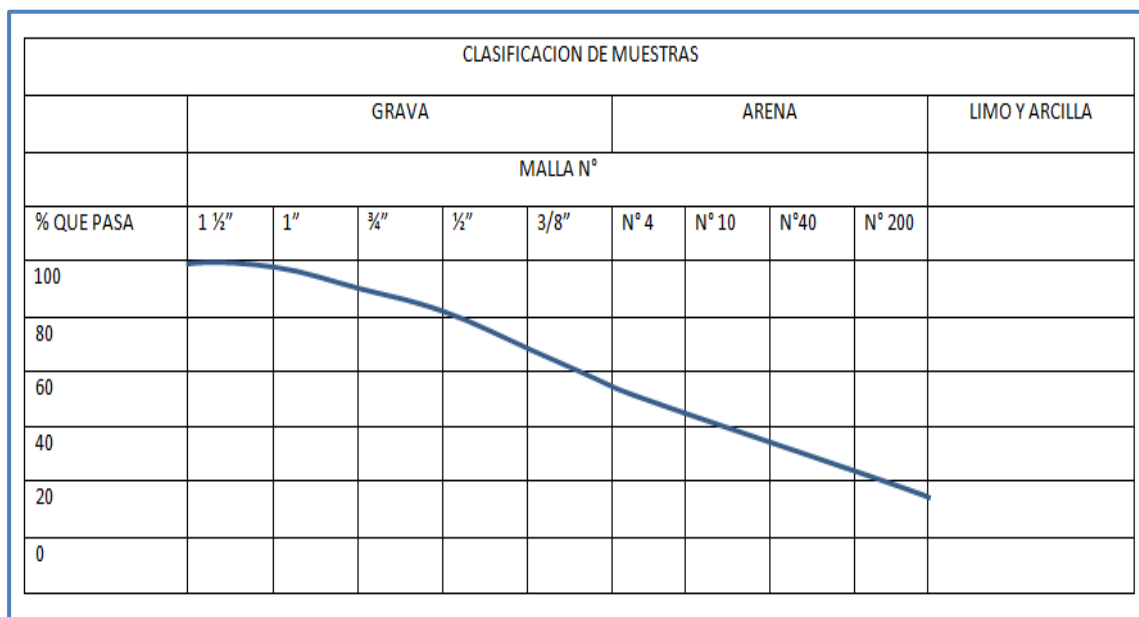
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 14: Curva granulométrica del grupo de muestras 3.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 15: Clasificación del suelo con curva granulométrica del grupo de muestras 3.



AASHTO: Suelos pocos cohesivos.

SUCS: Grava limo-arcillosa con arena.

ANEXO N° 16: Análisis granulométrico del grupo de muestras 4, según ASTM D-422; AASHTO T 27-88.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	0	0.000	0.000	100.000
1 "	26.5	0.852	0.860	99.140
¾	272	8.739	9.599	90.401
½	481	15.454	25.053	74.947
3/8	341	10.956	36.009	63.991
No.4	616	19.792	55.801	44.20
Pasa No.4	1376	44.209	100	
Suma	3112.5	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 17: Análisis granulométrico de los materiales del grupo de muestras 4, que pasan el tamiz N°4.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	27.3	9.654	9.654	34.545
40	32.9	11.634	21.288	22.911
200	19.1	6.754	28.042	16.157
Pasa No.200	45.7	16.160	44.20	0
Suma	125	44.20		

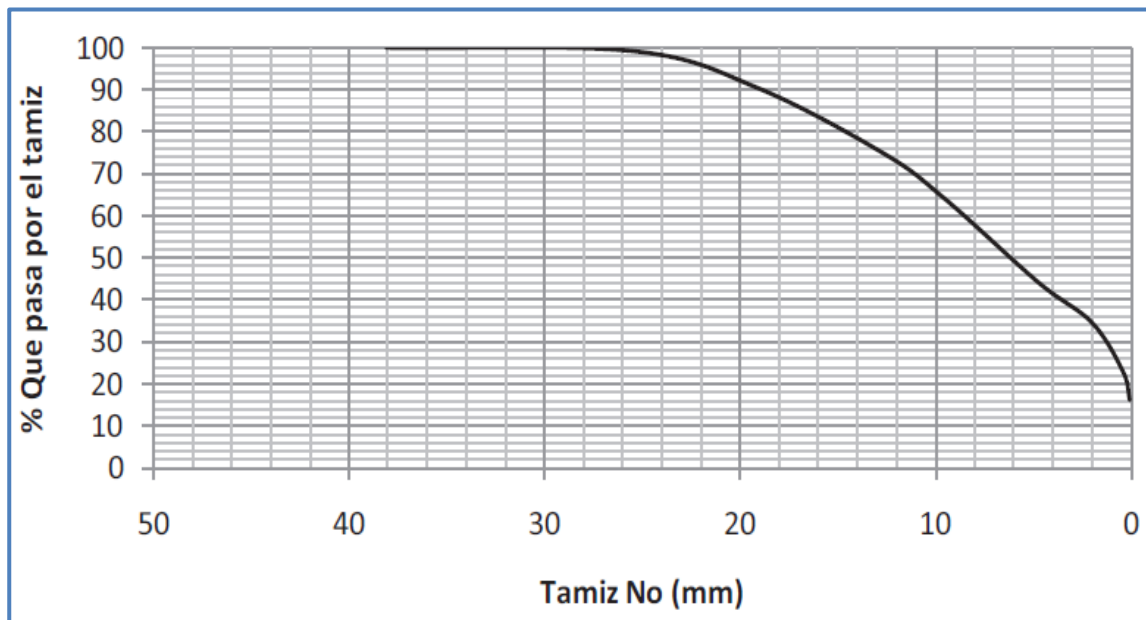
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 18: Resumen de datos del grupo de muestras 4, para curva granulométrica.

Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	100
1 "	25.4	99.14
0.75	19.1	90.401
0.5	12.7	74.947
0.375	9.52	63.991
No.4	4.76	44.199
10	2	34.545
40	0.42	22.911
200	0.074	16.157

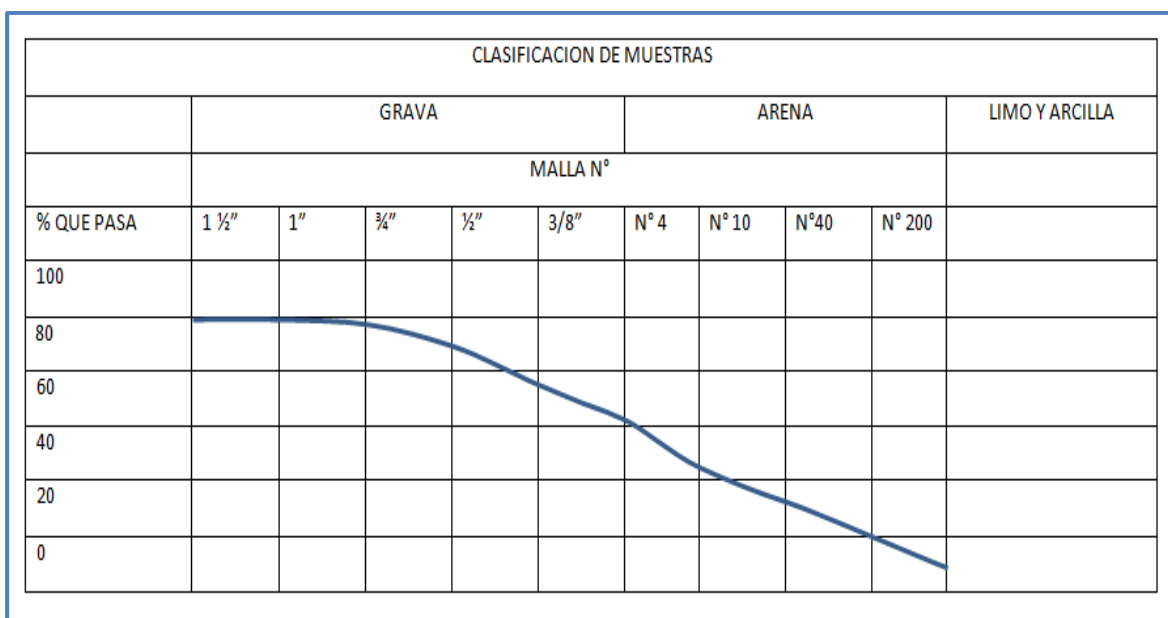
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 19: Curva granulométrica del grupo de muestras 4.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 20: Clasificación del suelo con curva granulométrica del grupo de muestras 4.



AASHTO: Suelos pocos cohesivos.

SUCS: Grava limo-arcillosa con arena.

ANEXO N° 21: Análisis granulométrico del grupo de muestras 5, según ASTM D-422; AASHTO T 27-88.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	0	0.000	0.000	100.000
1 "	0	0.000	0.000	100.000
¾	0	0.000	0.000	100.000
½	0	0.000	0.000	100.000
3/8	0	0.000	0.000	100.000
No.4	75	10.490	10.490	89.51
Pasa No.4	640	89.511	100	
Suma	715	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 22: Análisis granulométrico de los materiales del grupo de muestras 5, que pasan el tamiz N°4.

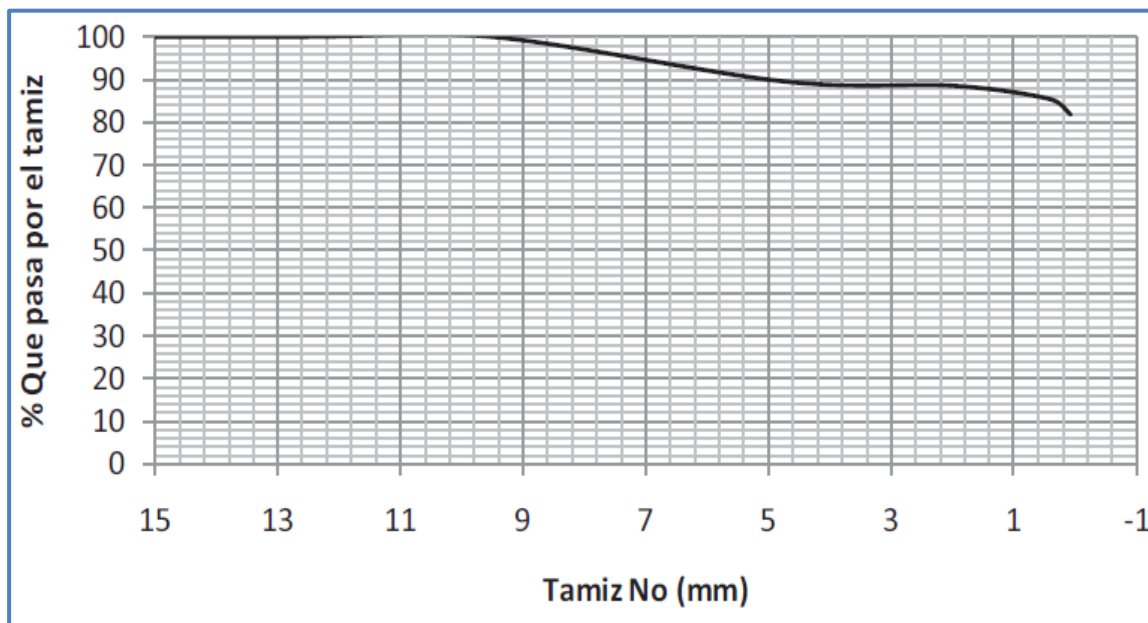
Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	1.45	1.039	1.039	88.471
40	4.35	3.115	4.154	85.356
200	5.1	3.653	7.807	81.703
Pasa No.200	114.1	81.705	89.51	0
Suma	125	89.51		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 23: Resumen de datos del grupo de muestras 5, para curva granulométrica.

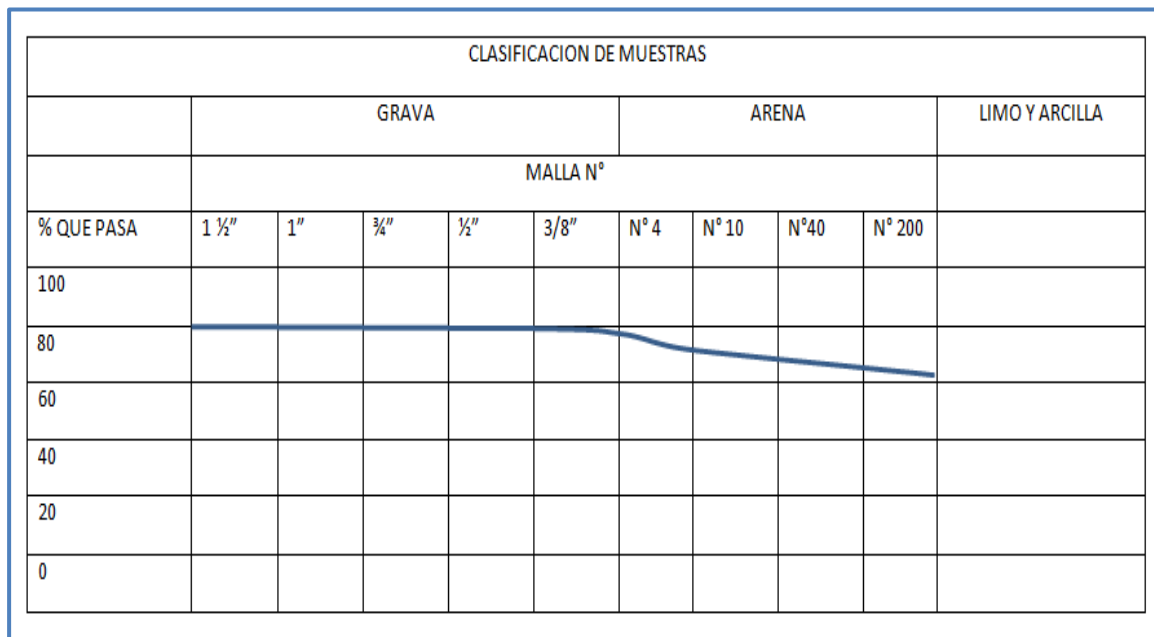
Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	100
1 "	25.4	100
0.75	19.1	100
0.5	12.7	100
0.375	9.52	100
No.4	4.76	89.51
10	2	88.471
40	0.42	85.356
200	0.074	81.703

ANEXO N° 24: Curva granulométrica del grupo de muestras 5.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

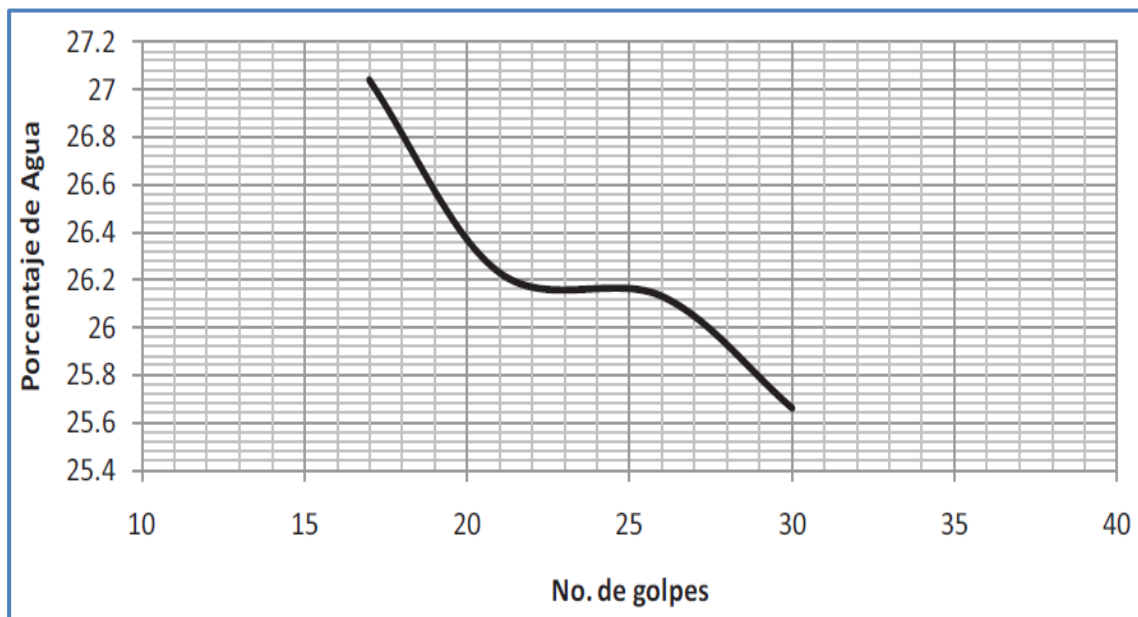
ANEXO N° 25: Clasificación del suelo con curva granulométrica del grupo de muestras 5.



AASHTO: Arcillas inorgánicas de plasticidad media.

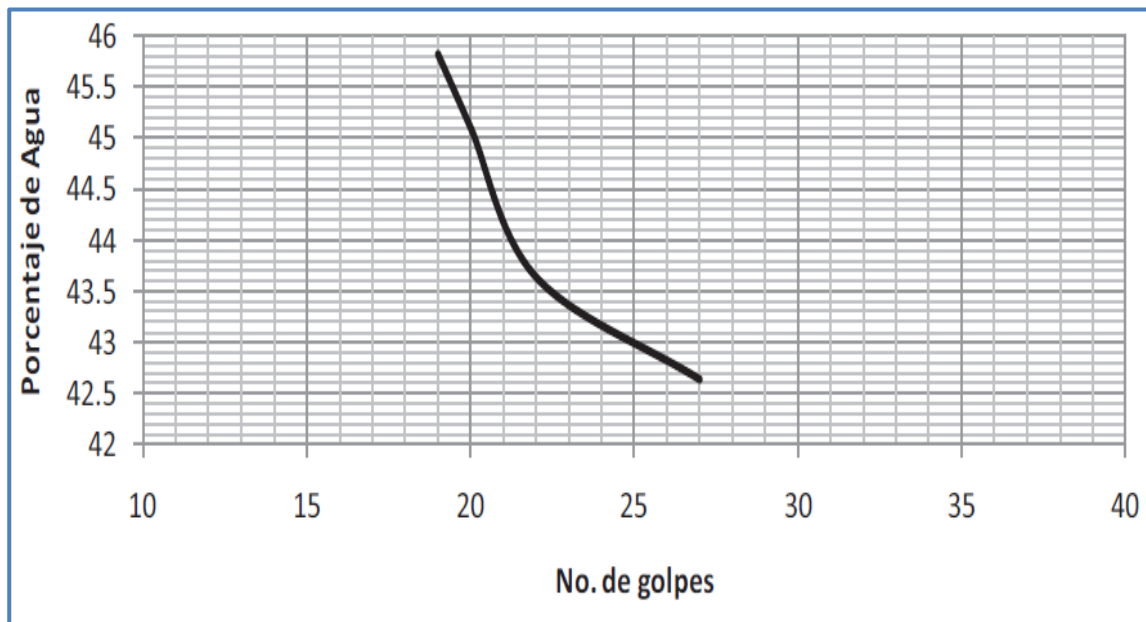
SUCS: Arena limosa.

ANEXO N° 26: Curva de la fluidez del grupo de muestras 1.



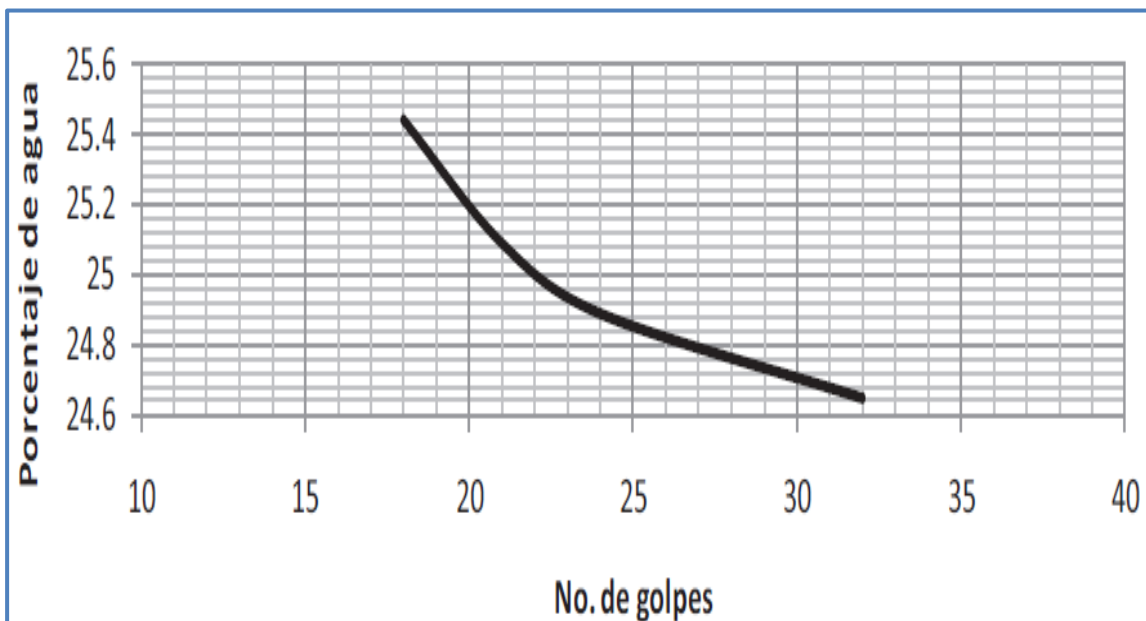
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 27: Curva de la fluidez del grupo de muestras 2.



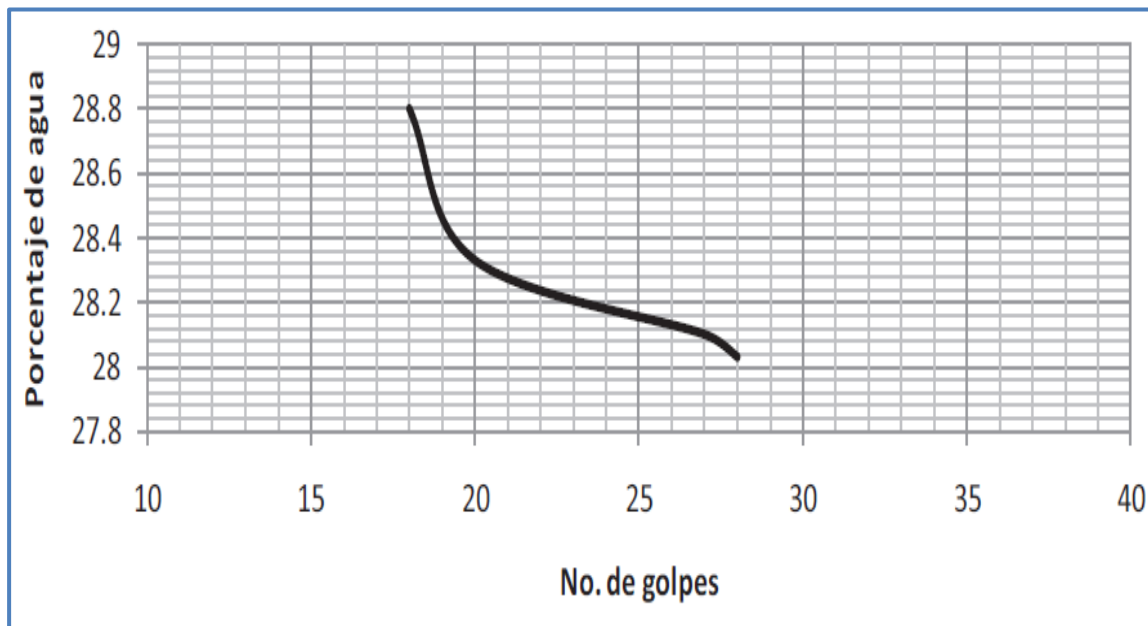
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 28: Curva de la fluidez del grupo de muestras 3.



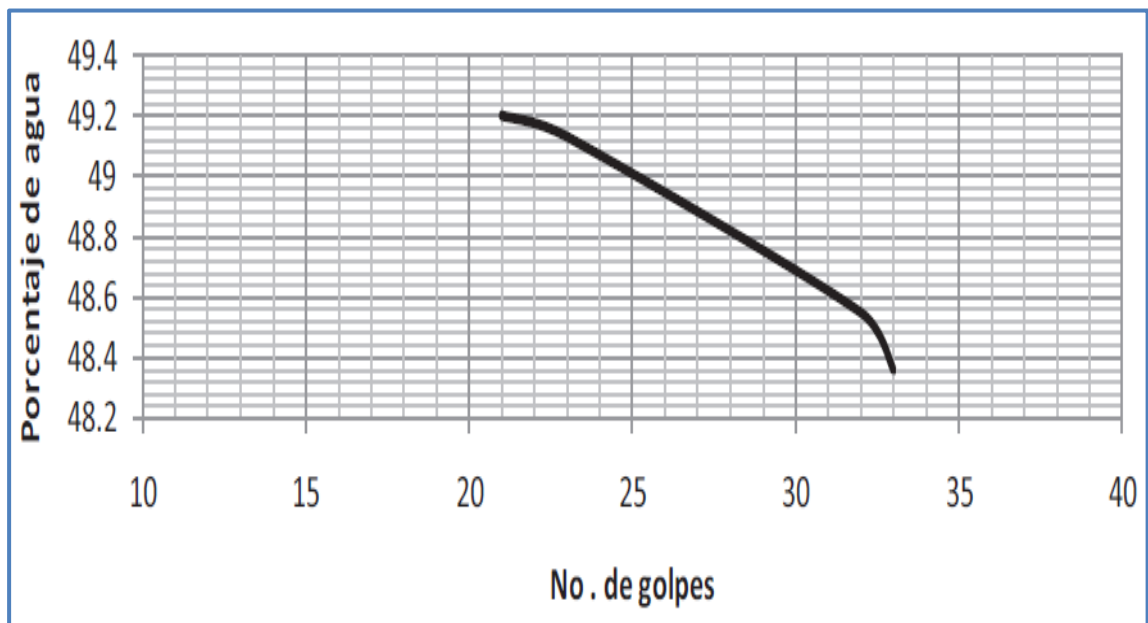
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 29: Curva de la fluidez del grupo de muestras 4.



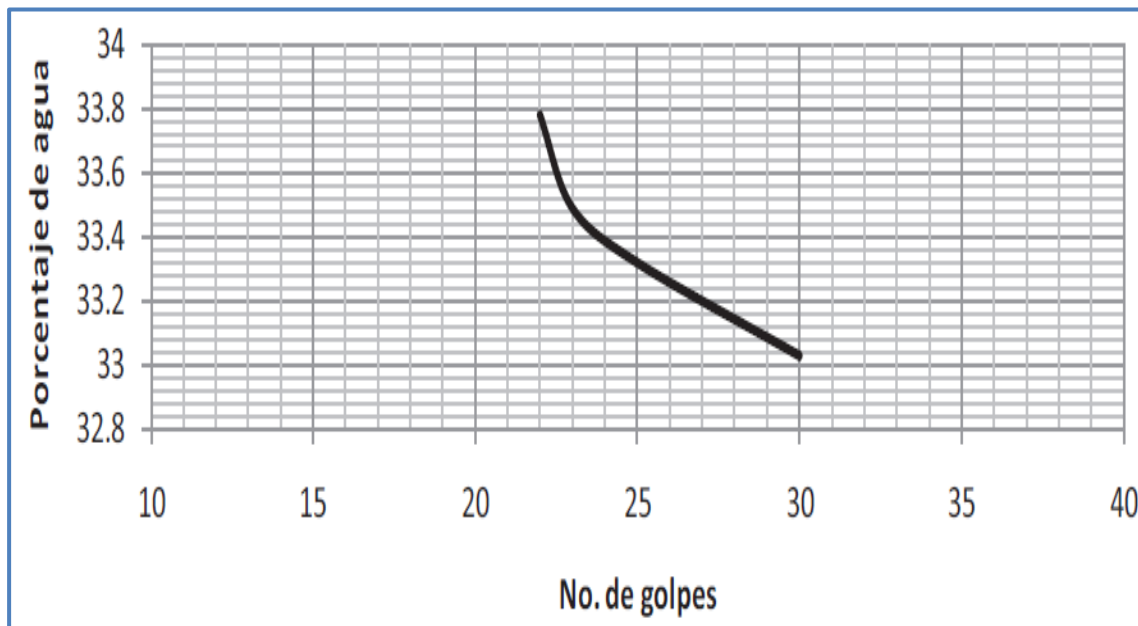
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 30: Curva de la fluidez del grupo de muestras 5.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 31: Curva de la fluidez del banco de Materiales San Roque.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

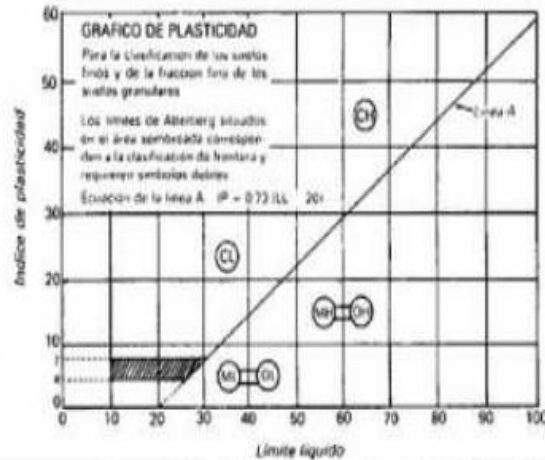
ANEXO N° 32: Clasificación de suelos, según AASHTO.

Clasificación General	Materiales Granulares (35 ó menos pasan la malla No. 200)							Materiales Limo-Arcilla (Más del 35% pasan malla No. 200)				
Clasificación por Grupos y Sub-Grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6	
	Análisis de Mallas, (%) que pasan por la: No. 10.... No. 40.... No. 200....	50 Máx. 30 Máx. 15 Máx.	50 Máx. 25 Máx.	51 Mín. 10 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	35 Máx.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.	36 Mín.
Característica de la fracción que pasan la malla No. 40												
Límite Líquido (%)	6 Máx.		N.P	40 Máx. 10 Máx.	41 Máx. 10 Máx.	40 Máx. 11 Mín.	41 Mín. 11 Mín.	40 Máx. 10 Máx.	41 Mín. 10 Máx.	40 Máx. 11 Mín.	41 Mín. 11 Mín.	
Índice de Plasticidad (%)	6 Máx.		N.P	40 Máx. 10 Máx.	41 Máx. 10 Máx.	40 Máx. 11 Mín.	41 Mín. 11 Mín.	40 Máx. 10 Máx.	41 Mín. 10 Máx.	40 Máx. 11 Mín.	41 Mín. 11 Mín.	
Índice de Grupo	0		0	0		4 Máx.		8 Máx.	12 Máx.	16 Máx.	20 Máx.	
Tipos usuales de materiales constituyentes significativos	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena Fina	Grava y Arena Limosas y Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Clasificación General como Sub-rasante	Excelente a Bueno					Regular a Pobre						
PROCEDIMIENTO DE CLASIFICACION: Con los datos requeridps y disponibles de prueba, procédase de Izquierda a Derecha en la carta y, por proceso de eliminación se encontrará el grupo correcto. El primer grupo de la Izquierda, en el cual coinciden los datos de las pruebas, será la Clasificación correcta.												
El I.P. del sub-grupo A-7-5 es igual o menor que el LL. menos 30.												
El I.P. del sub-grupo A-7-6 es mayor que el LL. menos 30.												
IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL-40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)												

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

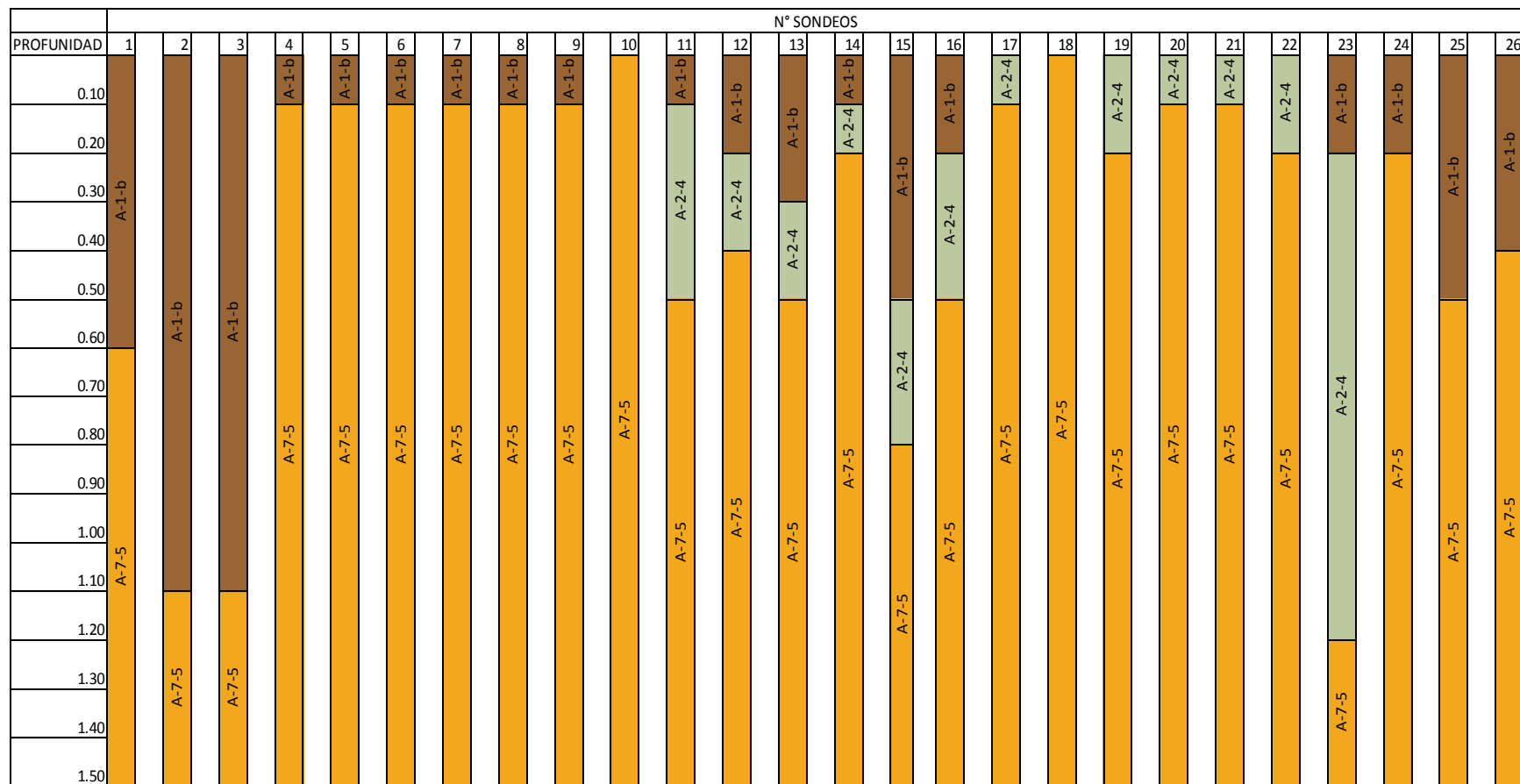
ANEXO N° 33: Clasificación de suelos, según SUCS.

DIVISION PRINCIPAL	SÍMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos
	GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos
		SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos
	ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla
			$C_u = \frac{D_{60}}{D_{30}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60}(D_{10} - D_{30})}$ Entre 1 y 3 Si los criterios para GW no se cumplen
			Límites de Atterberg localizados bajo la línea "A" o índice de plasticidad inferior a 4. Límites de Atterberg sobre la línea "A" e índice de plasticidad superior a 7. Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media
	Suelos altamente orgánicos	PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos



Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488

ANEXO N° 34: Perfil estratigráfico de los sondeos de línea del tramo en estudio.



Fuente: Elaboración propia.



Clasificación A-1-b



Clasificación A-2-4



Clasificación A-7-5

ANEXO N° 35: Análisis granulométrico del banco de materiales San Roque.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASAPOR EL TAMIZ
1 ½"	78.2	1.506	1.506	98.494
1 "	701	13.492	15.000	85.000
¾	430	8.277	23.277	76.723
½	652.5	12.559	35.836	64.164
3/8	407	7.834	43.670	56.330
No.4	842	16.206	59.876	40.12
Pasa No.4	2085	40.130	100	
Suma	5195.7	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 36: Análisis granulométrico del banco de materiales San Roque, que pasan el tamiz N°4.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	40.08	12.866	12.866	27.258
40	48.5	15.569	28.435	11.689
200	16.8	5.393	33.828	6.296
Pasa No.200	19.62	6.298	40.13	0
Suma	125	40.13		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

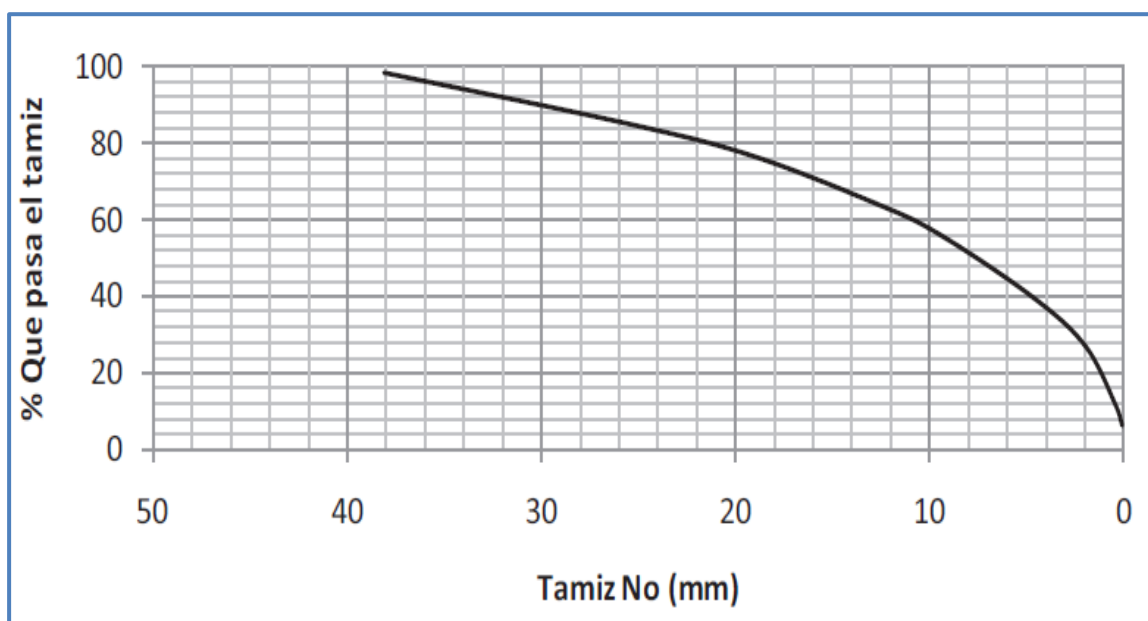


ANEXO N° 37: Resumen de datos del banco de materiales San Roque, para curva granulométrica.

Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	98.494
1 "	25.4	85
¾	19.1	76.723
½	12.7	64.164
3/8	9.52	56.33
No.4	4.76	40.124
10	2	27.258
40	0.42	11.689
200	0.074	6.296

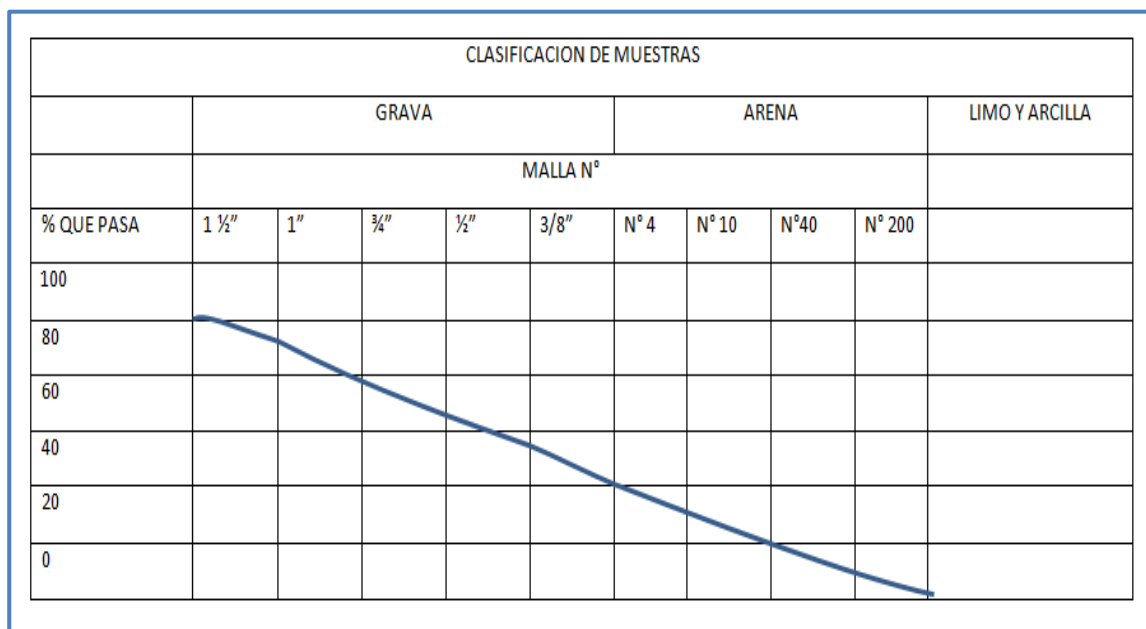
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 38: Curva granulométrica del banco de materiales San Roque.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 39: Clasificación del suelo con curva granulométrica del banco de materiales San Roque.



AASHTO: Fragmentos de piedras gravas y arena.

SUCS: Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)

ANEXO N° 40: Análisis granulométrico del banco de materiales Héctor Tórrez.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASAPOR EL TAMIZ
1 ½"	91	1.833	1.833	98.167
1 "	1305	26.279	28.120	71.880
¾	976	19.654	47.774	52.226
½	968	19.493	67.267	32.733
3/8	390	7.854	75.121	24.879
No.4	385	7.753	82.874	17.13
Pasa No.4	851	17.137	100	
Suma	4966	100		

Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 41: Análisis granulométrico del banco de materiales Héctor Tórrez, que pasan el tamiz N°4.

Tamiz No.	PESO RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA POR EL TAMIZ
10	20.1	2.754	2.754	14.372
40	22.1	3.028	5.782	11.344
200	16.2	2.220	8.002	9.124
Pasa No.200	66.6	9.125	17.13	0
Suma	125	17.13		

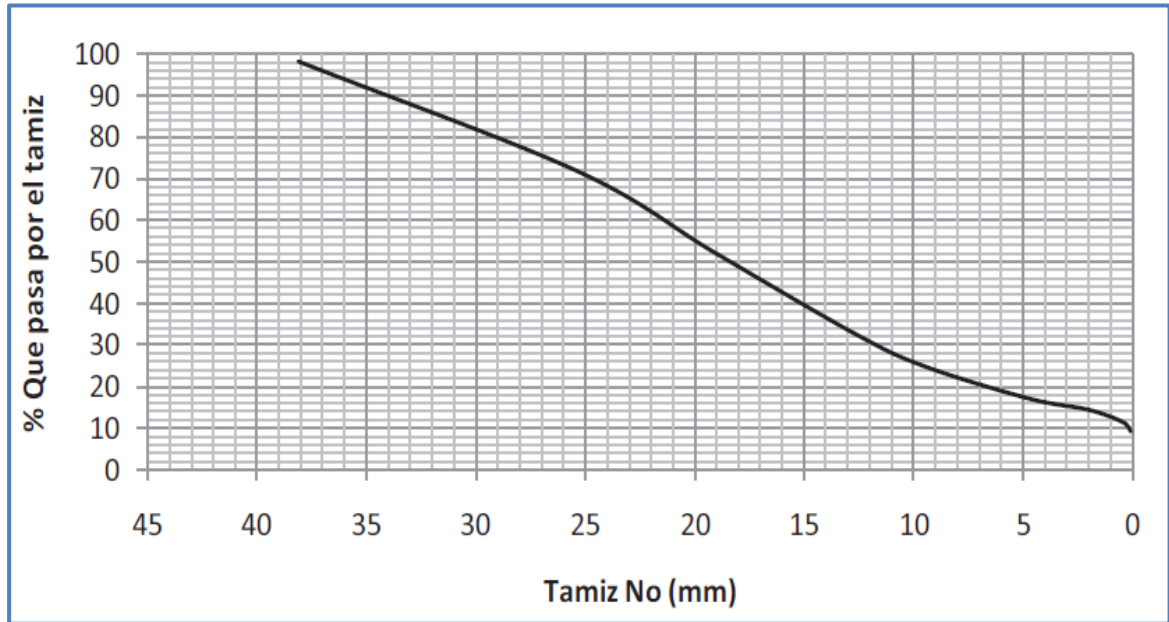
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 42: Resumen de datos del banco de materiales Héctor Tórrez, para curva granulométrica.

Tamiz No.	Tamiz No.	%QUE PASA POR EL TAMIZ
1 ½"	38.1	98.167
1 "	25.4	71.880
¾	19.1	52.226
½	12.7	32.733
3/8	9.52	24.879
No.4	4.76	17.13
10	2	14.372
40	0.42	11.344
200	0.074	9.124

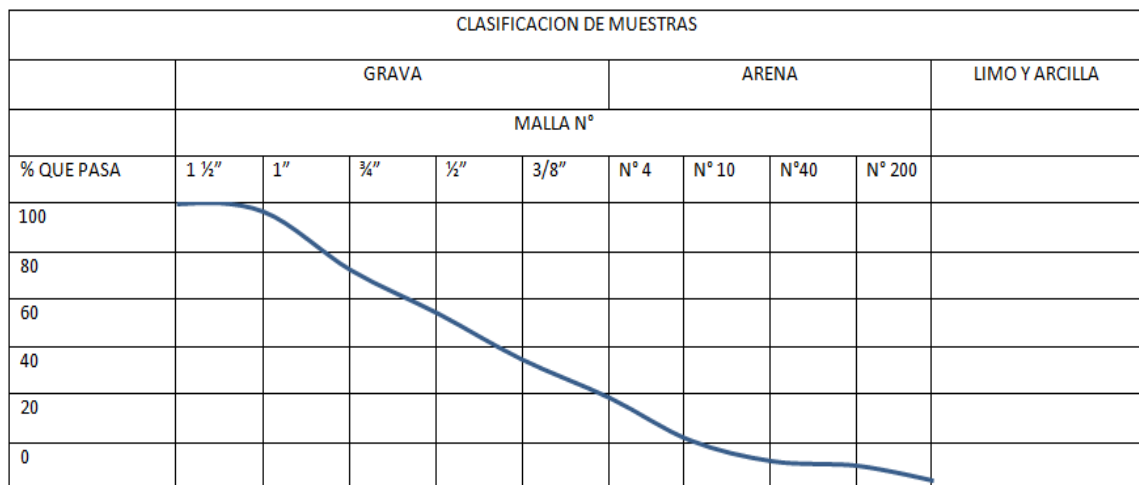
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO N° 43: Curva granulométrica del banco de materiales Héctor Tórrez.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

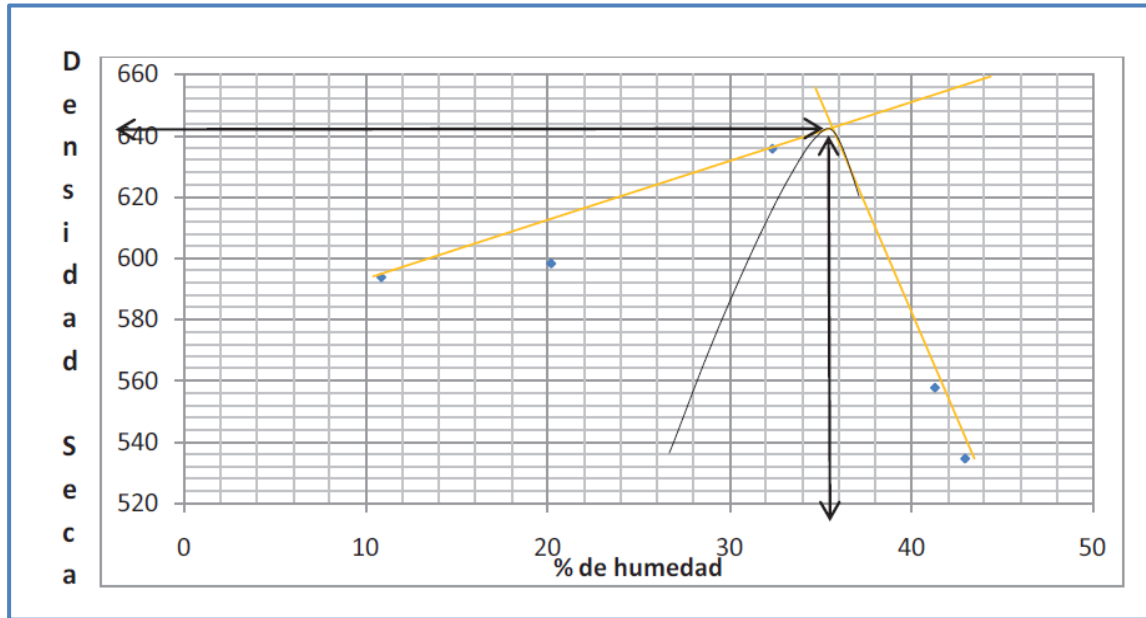
ANEXO N° 44: Clasificación del suelo con curva granulométrica del banco de materiales Héctor Tórrez.



AASHTO: Fragmentos de piedra grava y arena.

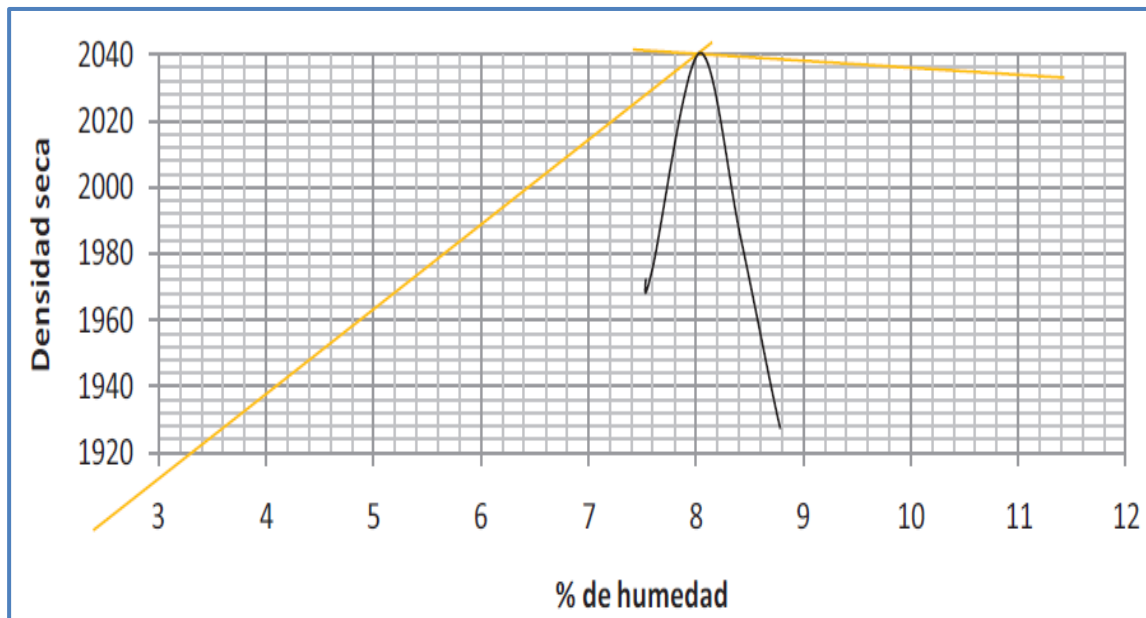
SUCS: Grava bien graduada con limo. (GW – GM)

ANEXO 45: Proctor Estándar del grupo de muestras 5.



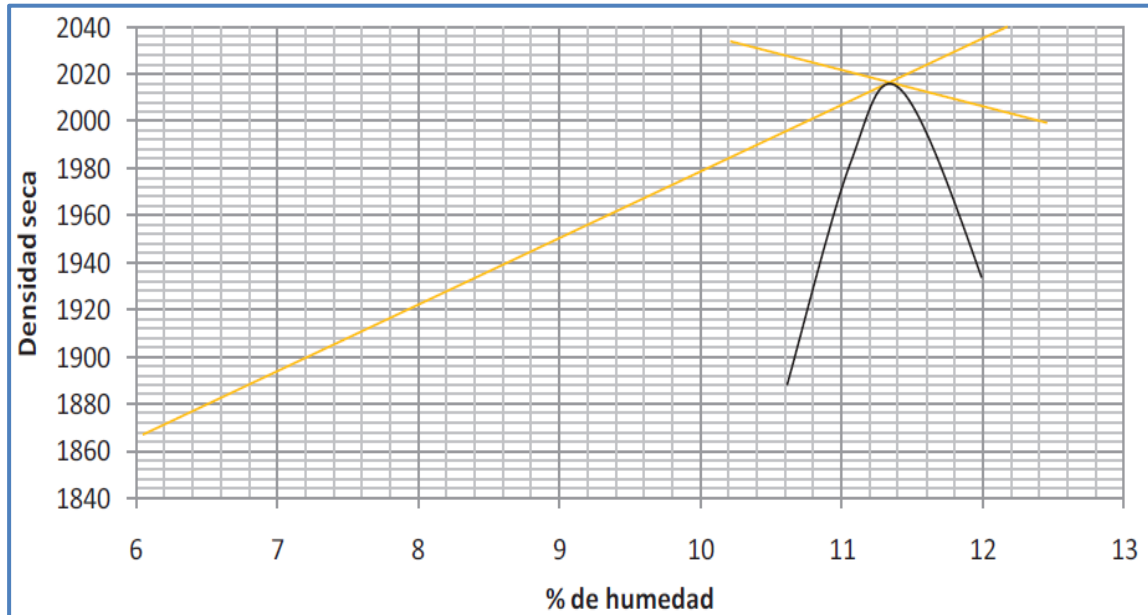
Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO 46: Proctor modificado al banco de materiales San Roque.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO 47: Proctor modificado al banco de materiales Héctor Tórrez.



Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.

ANEXO 48: RESULTADOS DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE BANCOS DE MATERIALES N° 1.

Proyecto:

ENSAYE	Banco de materiales N° 1
MUESTRA	
ESTACION	Banco de material N° 1. Del Hospital San Juan de Dios, 1.5 km al suroeste.
DESVIACION	
PROFUNDIDAD	
SONDEO	

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

GRANULOMETRIA

% que pasa por el tamiz					
3"					
2"					
1 1/2"		100		100	
1"	100	95	100	97	100
3/4"	99	90	95	94	98
3/8"	97	89	90	90	96
N° 4	80	85	84	87	82
N° 10	65	60	65	68	66
N° 40 (a)	37	35	36	37	37
N° 200 (b)	25	23	25	24	25
Relación de finos	0.676	0.657	0.694	0.649	0.676

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

LIMITE DE ATTEMBERG

Límite Líquido	-	-	-	-	-
Índice de plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

CLASIFICACIÓN

Clasificación HBR	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)
Clasificación Casa Grande					

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

Ensayo CBR

% CBR	90%	95%	100%
	36	48	60

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Suelto (kg /m ³)	1256	1250	1260	1255	1265
Peso Vol. Varillado (kg /m ³)	1397	1390	1396	1400	1410
Factor de abundamiento	1.287	1.293	1.283	1.288	1.277
Observaciones:					
Banco de Explotación					

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

INFORME DE PRUEBAS DE CBR SATURADO

PROYECTO: Estelí – El Sauce

ENSAYE N°: _____ EFECTUADO POR: _____

MUESTRA N°: 1 CALCULO: M.B COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Banco de material N° 3. Del monumento el Centenario 5 km al este. Carretera a La Concordia.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ

3/4"

TAMIZ	3/4	3/8	4	10	40	200
% QUE PASA	100	97	80	65	37	25

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

LÍMITE LIQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
CLASIFICACION HBR: <u>A-1-b (0)</u>	EQUIVALENTE DE ARENA _____

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR MODIFICADO
PESO VOL. SECO MÁXIMO	1616 Kg/m ³
HUMEDAD ÓPTIMA	14.6%

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

PRUEBA DE CBR SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO	DINAMICO		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOL. SECO (Kg/m ³)	1454	1535	1616
CBR SATURADO	36	48	60
HINCHAMIENTO (%)	0.23	0.21	0.20
TIEMPO DE SATURACION	96	96	96

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

ANEXO 49: RESULTADOS DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE BANCOS DE MATERIALES N° 2

Proyecto:

ENSAYE	Banco de materiales N° 2
MUESTRA	
ESTACION	Texaco 4 km. al norte. Carretera Panamericana.
DESVIACION	
PROFUNDIDAD	
SONDEO	Alcaldía Municipal Estelí

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

GRANULOMETRIA

% que pasa por el tamiz					
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"	100	100	100	100	
3/8"	98	96	97	98	
N° 4	90	90	92	89	
N° 10	71	72	73	70	
N° 40 (a)	43	44	43	45	
N° 200 (b)	21	23	22	24	
Relación de finos (a)(b)	0.488	0.523	0.512	0.533	

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

LIMITE DE ATTEMBERG

Límite Líquido	-	-	-	-	-
Índice de plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

CLASIFICACIÓN

Clasificación HBR	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)
Clasificación Casa Grande					

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

Ensayo CBR

% CBR	90%	95%	100%
	34	45	57

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Suelto (kg /m ³)	1190	1185	1195	1188	
Peso Vol. Varillado (kg /m ³)	1364	1360	1370	1360	
Factor de abundamiento	1.306	1.311	1.300	1.308	
Observaciones:					
Banco de Explotación					

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

INFORME DE PRUEBAS DE CBR SATURADO

PROYECTO: Estelí – El Sauce

ENSAYE N°: _____ EFECTUADO POR: _____

MUESTRA N°: 1 CALCULO: M.B COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: Banco de material N° 2. De la Texaco 4 km al norte.
Carretera Panamericana.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ

$\frac{3}{4}$ "

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	4	10	40	200
% QUE PASA	100	98	90	71	43	21

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

LÍMITE LIQUIDO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
CLASIFICACIÓN HBR: <u>A-1-b (0)</u>	EQUIVALENTE DE ARENA _____

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR MODIFICADO
PESO VOL. SECO MÁXIMO	1589 Kg/m ³
HUMEDAD ÓPTIMA	19.8 %

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

PRUEBA DE CBR SATURADO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN EMPLEADO	DINÁMICO		
% DE COMPACTACIÓN	90	95	100
PESO VOL. SECO (Kg/m ³)	1430	1510	1589
CBR SATURADO	34	45	57
HINCHAMIENTO (%)	0.23	0.20	0.18
TIEMPO DE SATURACIÓN	96	96	96

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

ANEXO 50: RESULTADOS DE LABORATORIO DE MUESTRAS DE BANCOS DE MATERIALES N° 3

Proyecto:

ENSAYE	Banco de materiales N° 3
MUESTRA	
ESTACION	De la Thompson 1.5 km al noroeste. Carretera a El Sauce.
DESVIACION	
PROFUNDIDAD	
SONDEO	

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

GRANULOMETRIA

% que pasa por el tamiz					
3"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"	100	100	100	100	
3/8"	99	98	96	99	
N° 4	85	87	85	86	
N° 10	72	74	71	72	
N° 40 (a)	43	48	43	40	
N° 200 (b)	15	14	15	16	
Relación de finos (a)(b)	0.349	0.333	0.349	0.400	

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

LÍMITE DE ATTEMBERG

Límite Líquido	-	-	-	-	-
Índice de plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

CLASIFICACIÓN

Clasificación HBR	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)	A-1-b(0)
Clasificación Casa Grande					

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

Ensayo CBR

% CBR	90%	95%	100%
	35	49	62

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

ENSAYES ADICIONALES

Peso Vol. Suelto (kg /m ³)	1156	1160	1155	1157	
Peso Vol. Varillado (kg /m ³)	1296	1300	1290	1295	
Factor de abundamiento	1.344	1.339	1.345	1.343	
Observaciones: Banco de Explotación					

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

INFORME DE PRUEBAS DE CBR SATURADO

PROYECTO: Estelí – El Sauce

ENSAYE N°: _____ EFECTUADO POR: _____

MUESTRA N°: 1 CALCULO: M.B COTEJO: _____

FUENTE DEL MATERIAL: De la Thompson 1.5 km al noroeste. Carretera a El Sauce.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ

$\frac{3}{4}$ "

TAMIZ	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	4	10	40	200
% QUE PASA	100	99	85	72	43	15

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

LÍMITE LIQUIDO INDICE DE PLASTICIDAD

CLASIFICACION HBR: A-1-b (0) EQUIVALENTE DE ARENA _____

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

TIPO DE PRUEBA EMPLEADA	PROCTOR MODIFICADO
PESO VOL. SECO MAXIMO	1554 Kg/m ³
HUMEDAD OPTIMA	20.0 %

Fuente: Laboratorio de materiales y suelos. Ing de Materiales y suelos. IMS

PRUEBA DE CBR SATURADO

METODO DE COMPACTACION EMPLEADO	DINAMICO		
% DE COMPACTACION	90	95	100
PESO VOL. SECO (Kg/m ³)	1399	1476	1554
CBR SATURADO	35	49	62
HINCHAMIENTO (%)	1.20	1.18	1.16
TIEMPO DE SATURACION	96	96	96

















Fuente: Laboratorio de suelos. Ingenieros Consultores y Planificadores. Corasco.



ANEXOS

CAPÍTULO III


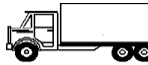






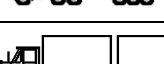
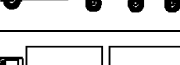

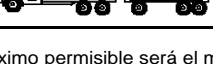
ANEXO N° 1: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico del Sistema de Administración de Pavimentos

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, Moto Todo, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas, se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos coupe y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4x4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con lona en la parte trasera, incluyendo los que transporten pasajeros y aquellos que por su diseño están diseñados a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	UNANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA T2-S2x=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo T2-S2x=4.
	T2-S2x=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	C2-R2x=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como C2-R2x=4.
	C2-R2x=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos propulsores con lentes especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Están de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras).
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motorveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Sembrantes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV. Año 2010. Página 24.

ANEXO N° 2: Diagrama de cargas permisibles aplicados en los puntos de control.

PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50					21.50
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.
b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, DGP-DAV.

Anexo N° 3: Estructura y cargas de vehículos por tipo de ejes

TIPO DE VEHICULO	PESO X EJE (Ton.Metricas)	PESO X EJE (Kips)	TIPO DE EJE
Autos	1.00	2,000	SIMPLE
	1.00	2,000	SIMPLE
Jeep	1.00	2,000	SIMPLE
	1.00	2,000	SIMPLE
Camionetas	1.00	2,000	SIMPLE
	2.00	4,000	SIMPLE
McBus <15 pas.	3.33	4,000	SIMPLE
	6.67	6,000	SIMPLE
MnBus 15-30 s.	3.33	6,000	SIMPLE
	6.67	10,000	SIMPLE
Bus	3.33	9,000	SIMPLE
	6.67	10,000	SIMPLE
C2 Liv. 2-5 Ton	3.33	4,000	SIMPLE
	6.67	11,000	SIMPLE
C2 5 + Ton	5.00	8,000	SIMPLE
	10.00	14,000	SIMPLE
C3	5.00	11,000	SIMPLE
	16.50	36,000	DOBLE
T2S2	5.00	9,000	SIMPLE
	9.00	16,000	SIMPLE
	16.00	24,000	DOBLE
T3S2	5.00	9,000	SIMPLE
	16.00	24,000	DOBLE
	20.00	24,000	DOBLE
C2R2	4.50	12,000	SIMPLE
	9.00	20,000	SIMPLE
	6.50	14,000	SIMPLE
	6.50	14,000	SIMPLE



ANEXOS

CAPÍTULO IV

Anexo N°1: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, p_t .

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

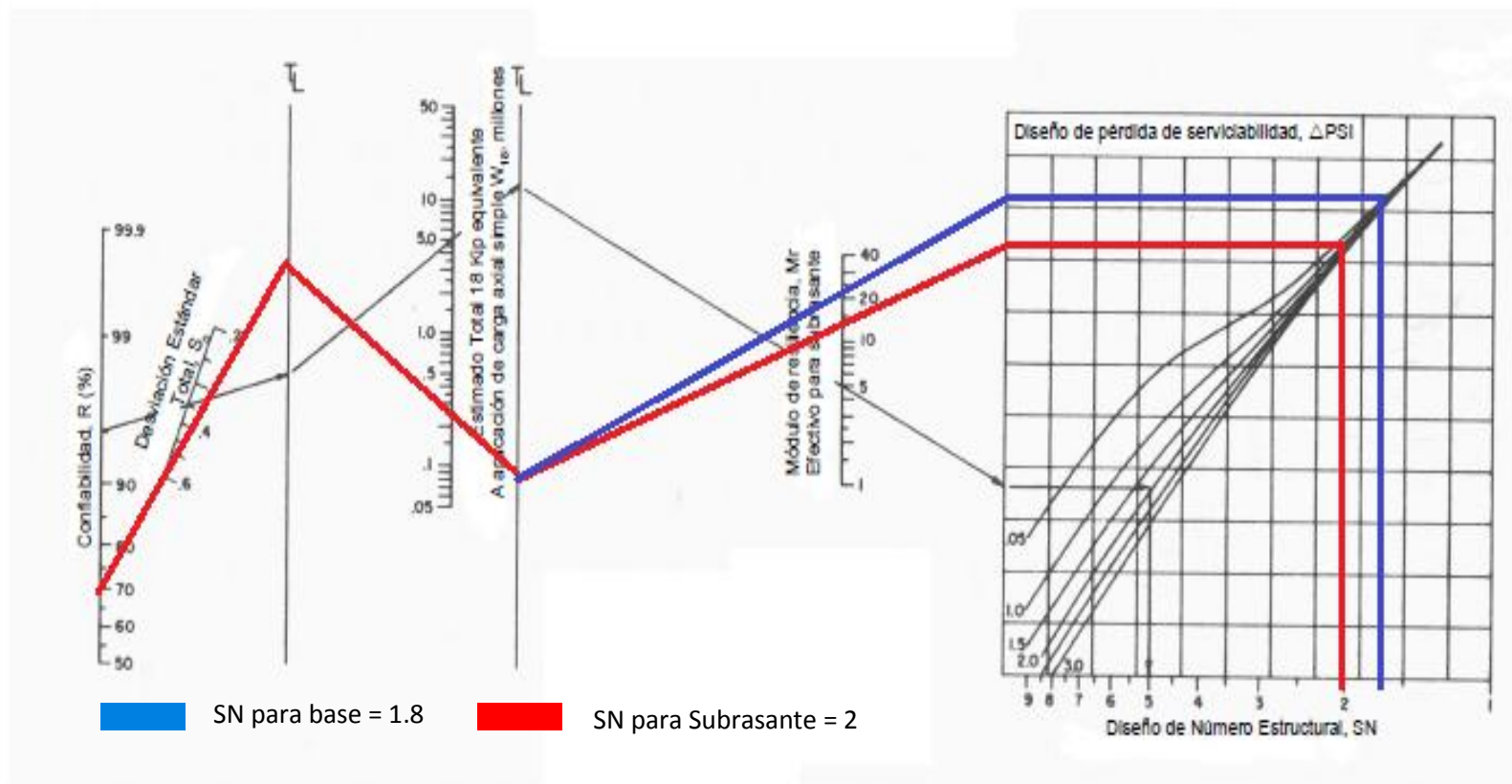
Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93. Página 22.

Anexo N°2: Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tandem, p_t .

Carga por eje		SN					
(kips)	(kN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	382.6	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	391.5	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	400.4	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

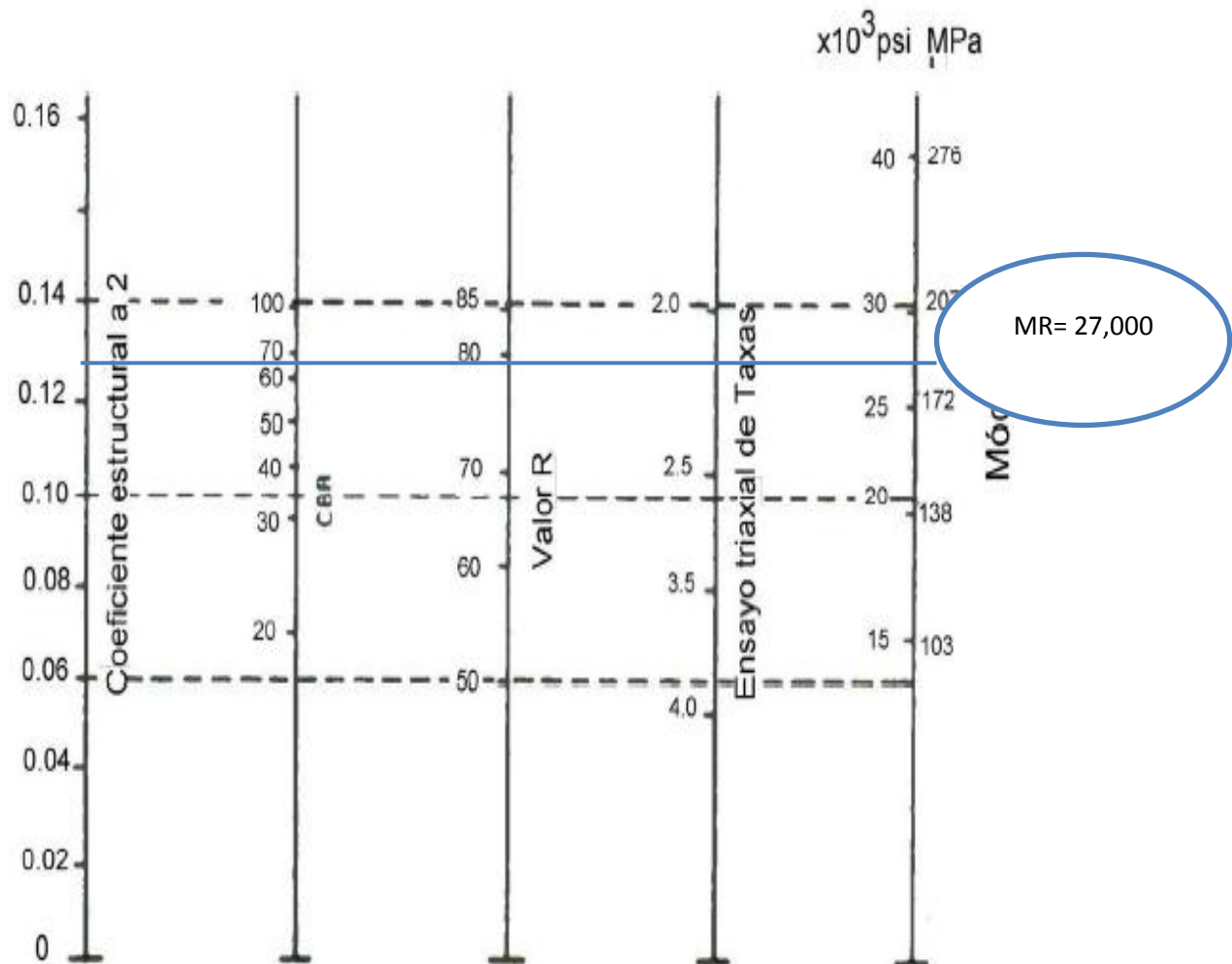
Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93. Página 22.

Anexo N° 3: Número estructural SN para subrasante y base.



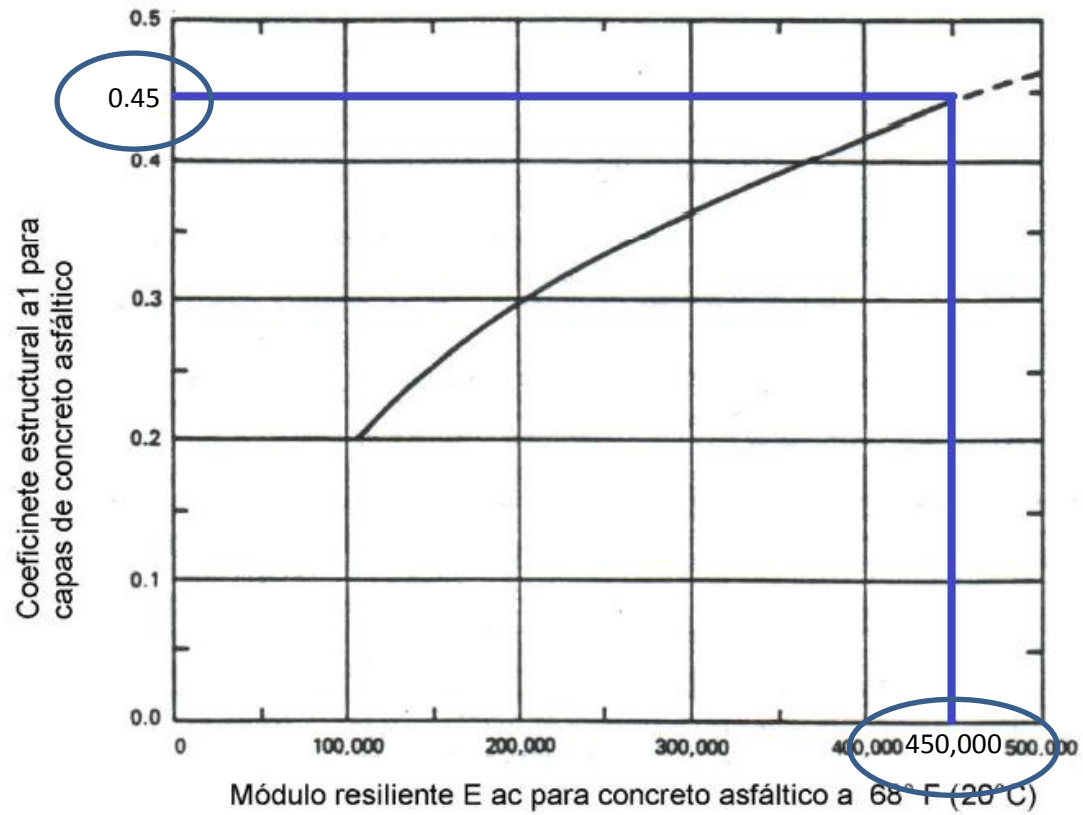
Fuente: Libro de diseño para pavimentos. AASHTO 93.

Anexo N° 4: Nomograma para calcular el MR de la base, para pavimento flexible.



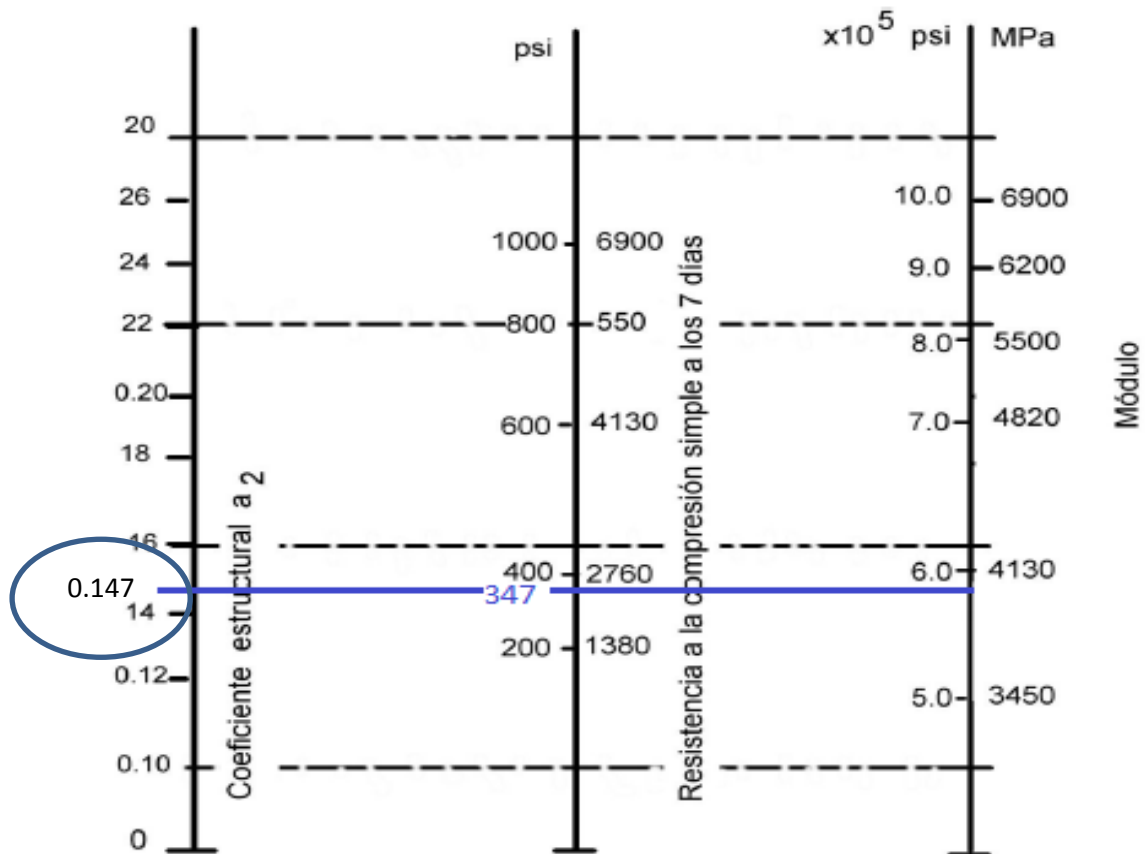
Fuente: Guía de Diseño para pavimentos. AASHTO 93

Anexo N° 5: Coeficiente Estructural a1 para pavimento flexible.



Fuente: Libro de diseño para pavimentos. AASHTO 93. Página 111

Anexo N° 6: Coeficiente Estructural a_2 para pavimento flexible.



Fuente: Libro de diseño para pavimentos. AASHTO 93.

The background of the page is a 3D isometric grid of white cubes. One cube, located slightly to the left of the center, is highlighted in a bright orange color. The text is overlaid on this orange cube and the surrounding white cubes.

ANEXOS

CAPÍTULO V

Anexo N° 1: Espesores sugeridos

Número de ESAL's	Capas Asfálticas	Base Granular
Menos de 50,000	3.0 cm	10 cm
50,000 - 150,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía para diseño de pavimentos, AASHTO 93. Tercera Edición. Página 175.

Anexo N° 2: Cálculo manual de espesores

W18	=	393,105
CBR sub rasante		12.2
CBR sub base		--
CBR base		69
Mac		450,000
Po		4.2
Pf		2
Δ PSI		2.2
R		70
So		0.49
Buen drenaje (m)		1
MR (SUB RASANTE)	=	15,249.48
SN3	=	2.0
a3	=	0.083
MR (BASE)	=	27,000
SN2	=	1.8
a2	=	0.147

$$MR \text{ (CARPETA-ADOQUIN)} = 450,000$$

$$a_1 = 0.45$$

$$D_1 = 4$$

CARPETA DE RODAMIENTO

$$SN_1 = a_1 \cdot D_1 \quad a_1 \cdot D_1$$

$$SN_1 = 1.8$$

BASE

$$SN = SN_3 - SN_1^*$$

$$SN = 0.2$$

$$D_2 = SN / a_2 \cdot X_m$$

$$D_2 = 1.36$$

$$D_2^* = 4$$

$$SN^* = a_2 \cdot D_2^*$$

$$SN^* = 0.58$$

$$SN_{req} = 2.0 > SN_1 + SN^*$$

$$SN_{req} = 2.0 > 1.8 + 0.58$$

$$SN_{req} = 2.0 > 2.38 \text{ OK}$$

Espesores Propuestos

Capa de rodadura = 4" →

Capa de base = 6" →



Foto N° 1. Situación antes del proyecto de la vía en estudio.



Fuente: Elaboración Propia.

Foto N° 2. Situación antes del proyecto de la vía en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Foto N° 3. Situación antes del proyecto de la vía en estudio



Fuente: Elaboración Propia

Foto N° 4. Situación antes del proyecto de la vía en estudio



Fuente: Elaboración Propia